



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
ÁREA DE INGENIERIA TÉRMICA

PROYECTO DE FIN DE CARRERA DE
INGENIERIA TÉCNICA INDUSTRIAL:
MECÁNICA

**DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE AGUA
CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN
CON SUELO RADIANTE PARA UNA
VIVIENDA UNIFAMILIAR, MEDIANTE
ENERGÍA SOLAR TÉRMICA**

Autor: Mario Pérez Basa

Director de proyecto: María Venegas Bernal

SEPTIEMBRE 2009



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN



1.1 El objeto del proyecto

El presente proyecto tiene dos finalidades claras, la primera será diseñar y calcular una instalación de producción de agua caliente sanitaria y apoyo a la calefacción mediante métodos renovables, concretamente haciendo uso de la energía solar térmica, para una vivienda unifamiliar. Se adecuará para esta función la instalación ya existente, sustituyendo en algunos casos y aprovechando en otros las instalaciones previas.

La segunda finalidad será diseñar la instalación de colectores óptima para el caso de estudio, mediante un análisis económico-prestaciones. Se someterán a estudio toda una serie de colectores que reflejarán gran parte de la gama actual de colectores que se puede encontrar en el mercado. Al término de este estudio se conocerá de forma rigurosa el tipo y número de colectores para cada aplicación que será adecuado en cada caso.

Para las distintas metodologías de cálculo, nos apoyaremos de los documentos oficiales que existen en torno a estos tipos de instalaciones, principalmente usaremos estos tres:

- Pliego de Condiciones Técnicas de instalaciones de baja temperatura (PCT)
- Reglamento de instalaciones térmicas de los edificios del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (RITE-IDAE)
- Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HE, de ahorro de energía. (CTE, DB-HE)

Por otro lado para los cálculos de radiación solar, y condiciones climatológicas, usaremos el Tomo II de “Manual de Climatización” de Pinazo Ojer.

1.2 Panorama energético mundial:

En el año 2006, el consumo mundial de energía primaria fue de 11741 Mtep. En la figura 1.1, se ha representado la contribución de las diferentes fuentes de energía. Con estos datos se extraen dos conclusiones inmediatas, las necesidades energéticas a nivel mundial son muy elevadas y el 80% de la energía que se consume la proporcionan los combustibles fósiles. Se ha de recordar que en 1948 el consumo energético fue de 1700Mtep, en casi 60 años el consumo se ha multiplicado por 6,9. En este mismo periodo, la hegemonía de los combustibles fósiles y la situación de cada uno de ellos se mantiene, sin que se vislumbre ningún cambio en los próximos 30 años.

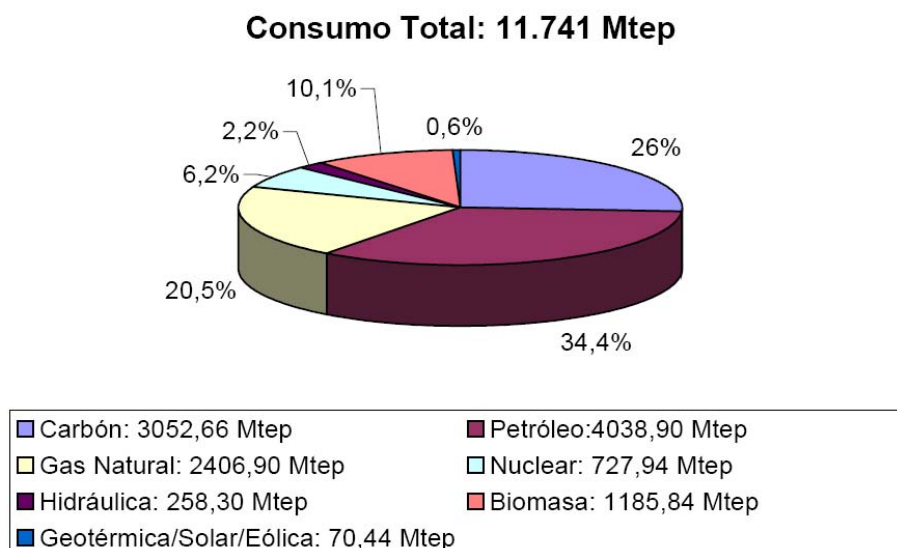


ilustración 1.1 (fuente: Tecnología solar)

Las consecuencias del modelo socio-económico basado en el consumo de combustibles fósiles han alcanzado tal dramatismo durante los últimos años que ya nadie niega que el actual modelo energético está en crisis y por lo tanto en vías de transformación. Es urgente redirigir el actual sistema centralizado y basado en los recursos fósiles a un sistema básicamente distribuido y sostenido en las renovables.

1.2.1 Energías renovables:

A este grupo pertenecen aquellas fuentes que se renuevan con el tiempo al estar vinculadas a su vez a una fuente de energía inagotable o a campos de fuerzas gravitacionales. Existen diferentes definiciones para el término de energía renovable. Sorensen (1979) definió energía renovable como flujo de energía que es repuesto a la misma velocidad que es gastado. Más recientemente, el UK, Renewable Energy Advisory Group, la definió como el flujo de energía que llega de forma natural y periódicamente a la Tierra y puede ser aprovechado en beneficio del hombre. El origen de este tipo de energías es el Sol, la fuerza gravitacional y la rotación de la tierra.

1.2.1.1 La energía solar térmica

La energía solar captada por el planeta es mucho mayor que el consumo total de la humanidad, 3 órdenes de magnitud. Por eso es una fuente de energía muy importante, aunque su aprovechamiento es difícil por la dispersión y variabilidad.



Sus usos más habituales son los siguientes:

- **Para la generación térmica:** calefacción, desecación y refrigeración.
 - Activa:
 - De baja temperatura (colectores planos, los usados en el proyecto) para agua caliente sanitaria (ACS), hasta 60°C.
 - De media temperatura (colectores planos especiales, tubos de vacío o concentradores) para calefacción hasta 90°C y para producir vapor o frío, hasta 160°C.
 - De alta temperatura (concentradores) para aplicaciones industriales, hasta 1.000°C.

○ Pasiva:

Trata de contribuir a la climatización, recibiendo el nombre de Arquitectura Bioclimática. Trata de captar la radiación solar en invierno y rechazarla en verano.

- **Para la generación de trabajo (electricidad):**

Térmica:

- Parque de heliostatos que concentran la radiación al enfocarla en un receptor situado en una torre. El heliostato necesita dos movimientos para seguir al sol.
- Concentrador cilíndrico-parabólico de eje horizontal que concentra el sol en un tubo en el que se produce vapor.

Fotovoltaica, bajo rendimiento (~ 10%) y elevado coste, 5 a 10 veces un colector solar plano.

- **Para la generación de frío:** las máquinas de absorción convierten un flujo de calor en uno de magnitud mayor a menor temperatura, ligeramente superior a la del ambiente que es a donde se vierte. La diferencia es el calor que se bombea desde la baja temperatura al ambiente. Esto logra acoplar la alta oferta de la energía solar en verano con la alta demanda de frío.



1.3 Visión general del proyecto:

La vivienda en la que vamos a efectuar la instalación de placas solares para su utilización en ACS y calefacción, se encuentra en Madrid.

El edificio en cuestión se trata de una vivienda unifamiliar aislada situada a las afueras de Madrid más concretamente en el municipio de San Sebastián de los Reyes (Zona Norte de Madrid).

La vivienda se compone de tres alturas distribuidas en dos plantas habitables y un sótano habilitado como garaje y trastero donde además se puede encontrar el cuarto de calderas y los demás depósitos de agua y gasóleo, este último separado en el exterior en un cuarto habilitado por motivos de seguridad.

En los sucesivos apartados, haremos una descripción más detallada del edificio, también explicaremos las zonas en las que usaremos los paneles solares para la calefacción y con los que se dará el consumo de agua caliente del edificio además de las particularidades en las condiciones climatológicas inherentes a la situación del proyecto.

1.3.1 Descripción del edificio y sus superficies:

La vivienda objeto de este proyecto consta de tres plantas; sótano, planta baja y planta primera bajo cubierta. A continuación daremos una breve explicación de cada planta y de los usos que tiene cada una.

- **Sótano:**

Dispone de un garaje con una superficie de 104,1 m² con capacidad para 2 plazas, además de una sala habilitada como trastero y una sala multiuso no climatizable. En esta zona del edificio es donde estará situada la instalación para ACS y calefacción.

Resumen de las superficies del Sótano, que más adelante servirán para los cálculos:

Perímetro = 35,65m

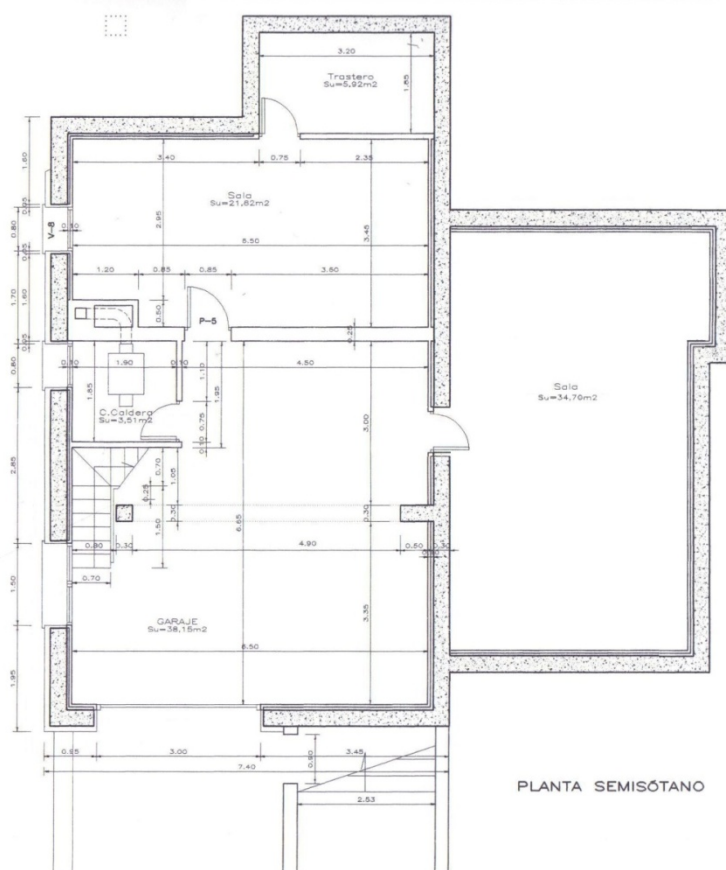
Altura = 2,55m

Superficie de Solera del Sótano = 124,7 m²

Superficie de muros del Sótano = 116,4 m²

Superficie habitable en Sótano = 104,1 m²

Volumen habitable en Sótano = 265,455 m³



Plano 1.1: Planta Sótano

- **Planta baja:**

Consta de un vestíbulo y un distribuidor y su correspondiente escalera para subir a la primera planta.

La planta baja dispone de un salón-comedor, una cocina, un baño, un despacho y un estudio. La superficie de la vivienda es de 126,88 m², y se suman los metros cuadrados destinados a porches asciende a 136,83 m².

Resumen de las superficies de la Planta baja, que más adelante servirán para los cálculos:

Superficie de Ocupación = 146,7 m²

Superficie de Vivienda = 126,88 m²

Superficie de Porches = 9,95 m²

Superficie total habitable de P.B^a = 136,83 m²

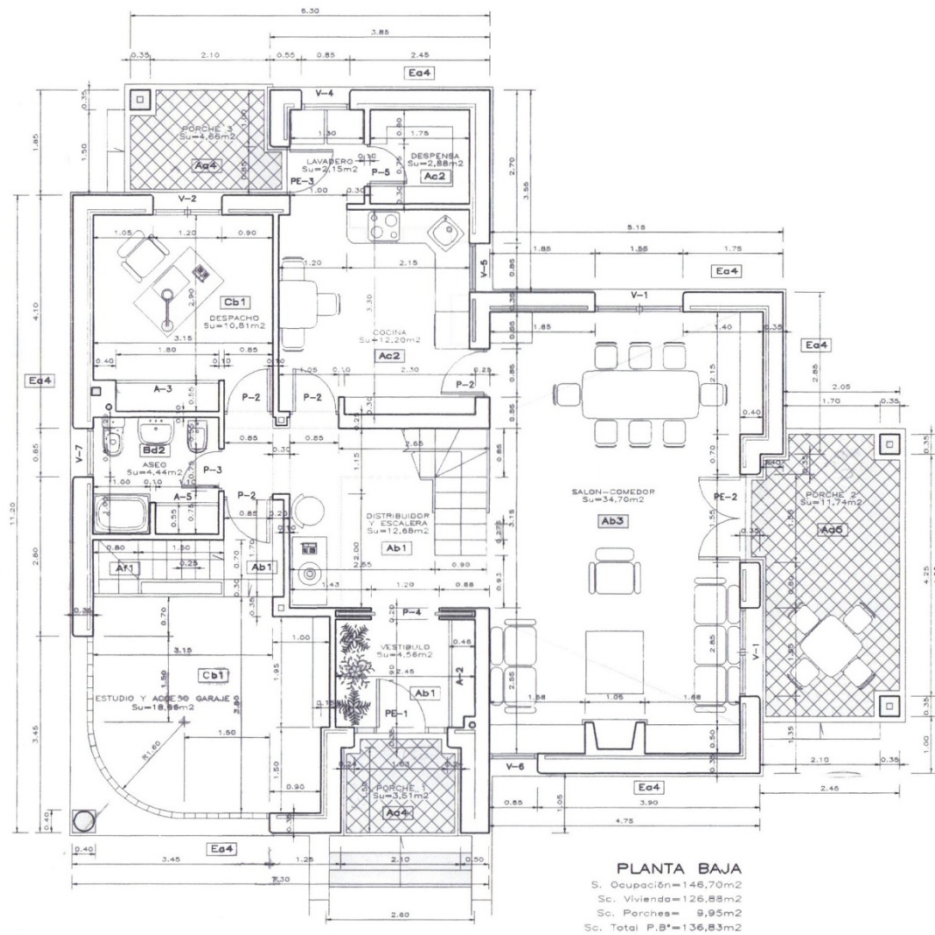
Superficie de los cerramientos: Total = 149,6 m²

Norte = 35,235 m²

Este = 38,93 m²

Sur = 39,59 m²

Oeste = 35,86 m²



Plano 1.2: Planta Baja

- Planta primera:**

Está compuesta por un distribuidor, un baño y tres dormitorios, el principal con un baño integrado dentro de la misma habitación. Por último, superficie de esta planta es de 77,8 m² en su totalidad.

Resumen de las superficies de la Primera Planta, que más adelante servirán para los cálculos:

Superficie de Vivienda = 77,08 m²

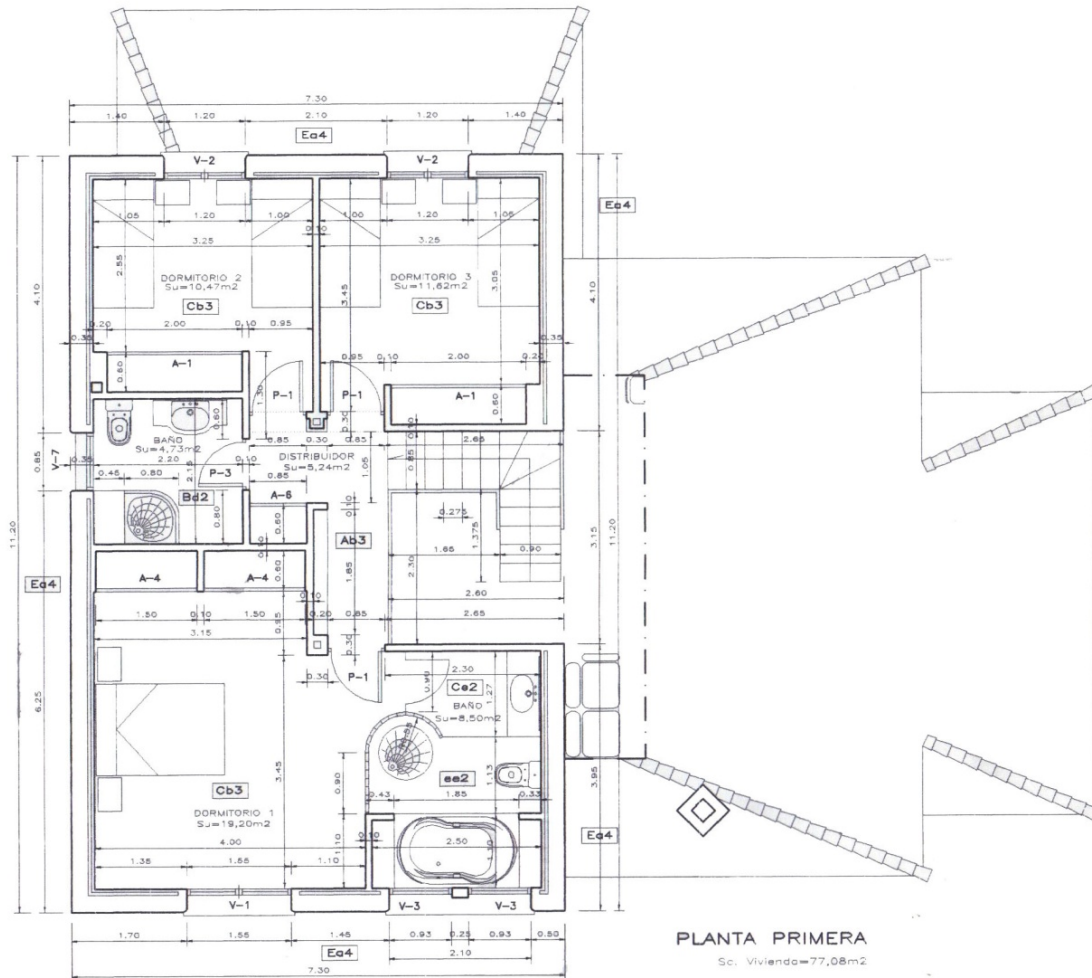
Superficie de los cerramientos: Total = 71,78 m²

Norte = 23,52 m²

Este = 13,23 m²

Sur = 19,7 m²

Oeste = 15,33 m²



Plano 1.3: Planta Primera

- Cubierta:**

Es donde irán situados los colectores solares, orientados hacia el sur, que es la orientación óptima. Es un tejado a 4 aguas siendo la zona sur una caída a dos niveles, apropiada para la instalación de los paneles solares térmicos. Todas las caídas tienen una inclinación de 20° respecto de la horizontal.

Resumen de las superficies de la Cubierta, que más adelante servirán para los cálculos:

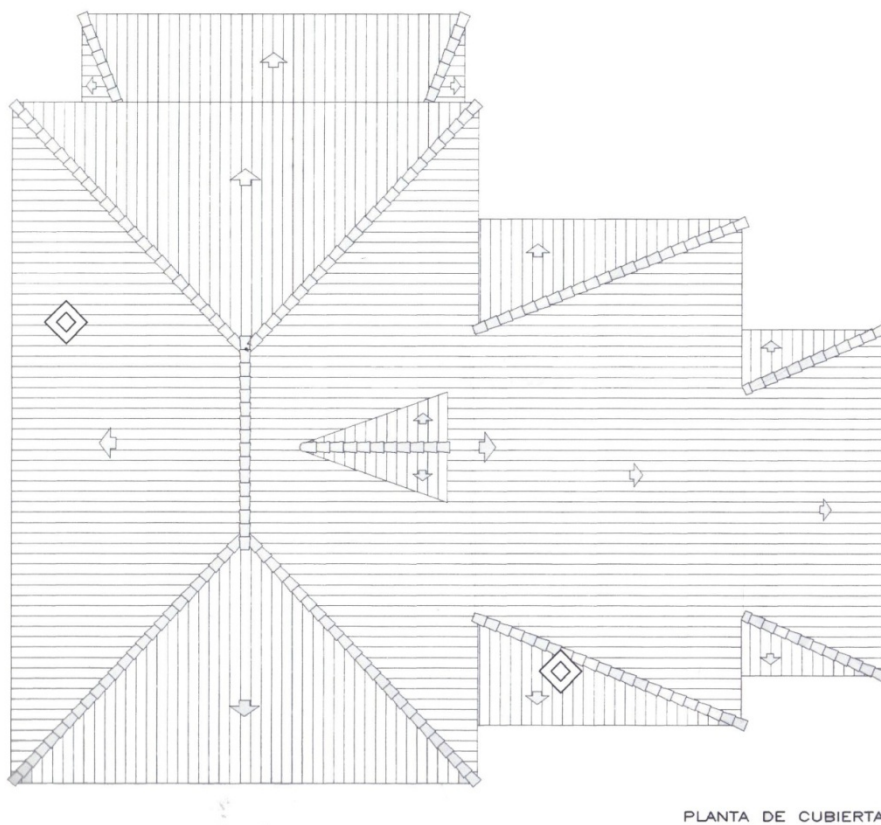
Resumen de Cubierta: Total = 157,18 m²

Norte = 35,08 m²

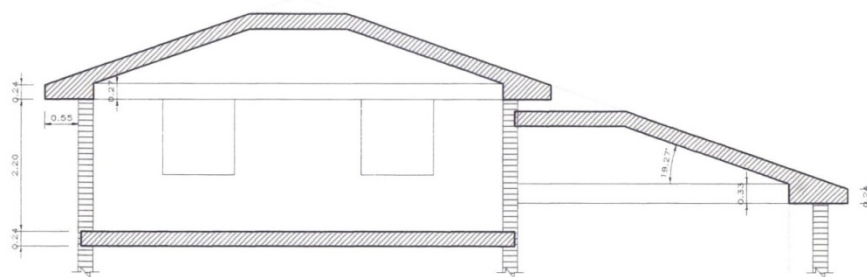
Este = 29,67 m²

Sur = 68,54 m²

Oeste = 23,89 m²



Plano 1.4: Cubierta



Plano 1.5: Forjados de la Cubierta



1.3.2 Entorno del proyecto:

En este apartado vamos a ver lo que supone que nuestro edificio esté situado en Madrid. Hay muchos factores que varían de una zona geográfica de España a otra, los factores que vamos a comentar son los siguientes:

- Datos generales de Madrid.
- Zona climática, tanto para el cálculo de las cargas térmicas como para conocer la contribución solar mínima para aplicaciones de agua caliente sanitaria (ACS).
- Radiación: es importante para conocer la cantidad de energía que le llega al colector solar y también para el cálculo de las cargas térmicas. Horas de sol
- Temperaturas características.

1.3.2.1 Datos del emplazamiento: MADRID

1.3.2.1.1 Generalidades

Los principales datos a tener en cuenta sobre la situación geográfica de la ciudad, son los siguientes (Fuente: Instituto Nacional de Meteorología):

- Altitud: 595 m
- Latitud: 40° Norte
- Longitud: 3° W.
- Temperatura mínima histórica: -15,4°C, es la temperatura más baja registrada en Madrid concretamente el 5 de Febrero de 1963.

1.3.2.1.2 Zona Climática

El siguiente mapa muestra las zonas climáticas que existen en España, gracias a él se puede tabular fácilmente diversos valores clave como el rango de la radiación solar global, horas de sol y el factor solar mínimo que debe existir para las instalaciones de ACS en función de su demanda.

Madrid pertenece pues a la Zona climática IV:

MEMORIA



Mapa 1.1 (fuente: CTE- DB-HE)

Otra zona climática a tener en cuenta será aquella que nos definirá la temperatura del suelo para nuestra vivienda, este dato será utilizado para calcular las transmisiones de calor a lo largo de muros enterrados como será el caso del muro del sótano de la vivienda.

Se puede observar que Madrid se encuentra en la Zona Y:



Mapa 1.2 (fuente: “Manual de climatización “Pinazo Ojer”)



MEMORIA

La zona climática Y se caracteriza por tener una temperatura del suelo de 6°C.

Zona climática	V	W	X	Y	Z
Temp. terreno °C	12	8	7	6	5

TABLA 6.8. Temperatura terreno en función zona climática

Tabla 1.1 (fuente: “Manual de climatización” Pinazo Ojer”)

1.3.2.1.3 Sol y radiación

En la siguiente tabla tenemos los valores medios mensuales/anuales de radiación solar para Madrid en [MJ/m²] y en [kWh/m²]. Los datos han sido extraídos de la base de datos de Censolar incluida en el Pliego de Condiciones Técnicas.

Hay que tener en cuenta que estos datos son para una superficie horizontal, por lo que tendremos que modificar por un factor que modifica este valor según la inclinación y la latitud, pero que ya estudiaremos más adelante cuando determinemos la inclinación definitiva de los paneles en la cubierta de la vivienda.

Energía en megajulios que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes. (Fuente: CENSOLAR).

Nota: También se podrán tomar en consideración los valores indicados en la norma UNE 94003.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
30 MADRID	6,7	10,6	13,6	18,8	20,9	23,5	26	23,1	16,9	11,4	7,5	5,9	15,4

Tabla 1.2 (fuente: CENSOLAR)

En la siguiente tabla se detallan las horas de sol medias útiles mensuales que se experimentan en Madrid. La fuente de los datos es Censolar.

Tabla VII. Número de horas útiles de sol en un día medio de cada mes.

Enero	8
Febrero	9
Marzo	9
Abril	9,5
Mayo	9,5
Junio	9,5
Julio	9,5
Agosto	9,5
Septiembre	9
Octubre	9
Noviembre	8
Diciembre	7,5

Tabla 1.3 (fuente: CENSOLAR)



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

Por último, de las propiedades que se pueden definir por la zona climática destaca la temperatura media durante las horas de sol que existe en Madrid. Este dato nos será útil a la hora de calcular los rendimientos solares en los colectores mediante el método de cálculo f-chart.

Temperatura ambiente media durante las horas de sol, en °C. (Fuente: CENSOLAR).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
30 MADRID	6	8	11	13	18	23	28	26	21	15	11	7	15,6

Tabla 1.4 (PCT)

Para el cálculo del factor solar, se utilizará la siguiente tabla, aunque para ello debemos conocer que el consumo de agua diario de la vivienda. En el siguiente apartado procederemos a su cálculo:

Tabla 2.1. Contribución solar mínima en %. Caso general					
Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Tabla 1.5 (fuente: CTE- DB-HE)

1.3.2.1.4 Temperaturas

Los datos de temperaturas medias máximas y medias mínimas los vemos representados en la siguiente tabla proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología:

Valores Climatológicos Normales. Madrid - Barajas / Aeropuerto

Periodo: 1971-2000 - Altitud (m): 582 - Latitud: 40° 27' 15" N - Longitud: 03° 32' 39" O

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	5.4	10.6	0.3	33	75	6	1	0	5	16	9	140
Febrero	7.2	12.9	1.5	34	68	5	1	0	2	11	6	164
Marzo	9.8	16.3	3.2	23	59	4	0	1	1	6	7	221
Abril	11.7	18.0	5.4	39	58	6	0	1	0	1	5	219
Mayo	15.6	22.3	8.8	47	56	7	0	3	0	0	4	256
Junio	20.7	28.2	13.0	26	47	4	0	4	0	0	8	299
Julio	24.5	33.0	16.1	11	40	2	0	3	0	0	16	344
Agosto	24.2	32.4	16.0	12	41	2	0	2	0	0	14	328
Septiembre	20.2	27.6	12.7	24	51	3	0	2	1	0	8	252
Octubre	14.4	20.6	8.3	39	64	6	0	1	1	0	6	198
Noviembre	9.2	14.7	3.8	48	73	6	0	0	3	6	7	155
Diciembre	6.4	11.0	1.8	48	77	7	1	0	6	12	6	115
Año	14.1	20.6	7.6	386	59	58	3	17	19	54	94	2658

Leyenda

T Temperatura media mensual/anual (°C)
 TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
 Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
 R Precipitación mensual/anual media (mm)
 H Humedad relativa media (%)
 DR Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
 DN Número medio mensual/anual de días de nieve
 DT Número medio mensual/anual de días de tormenta
 DF Número medio mensual/anual de días de niebla
 DH Número medio mensual/anual de días de helada
 DD Número medio mensual/anual de días despejados
 I Número medio mensual/anual de horas de sol

Tabla 1.6 (fuente : Instituto Nacional de Meteorología)

NOTA: para el correcto cálculo de las cargas térmicas de la instalación, se ha de sobredimensionar los datos medios para el mes más frío, para invierno, y el mes más caluroso, para verano. Estos cálculos veremos más adelante en la parte de Cargas Térmicas y para ello nos apoyaremos en el “Manual de Climatización” de Pinazo Ojer.

1.3.2.2 Limitación de la demanda energética

El ámbito de aplicación de este apartado está, en lo que atañe a este proyecto, dirigido a edificios de nueva construcción.

Para la correcta implantación de estas limitaciones se ha de optar por uno de los dos procedimientos de comprobación que pone a nuestra disposición el Documento Básico HE de Ahorro de Energía (DB-HE). Estos son:

- Opción Simplificada: que está basada en el control indirecto de la demanda energética de los edificios mediante la limitación de los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores que componen su envolvente térmica. La comprobación se realiza a través de la comparación de los valores obtenidos en el cálculo con los valores límite permitidos.
- Opción General: que a su vez está basada en la evaluación de la demanda energética de los edificios mediante la comparación de ésta con la correspondiente a un edificio de referencia que define la propia opción.

Se elegirá finalmente la **Opción Simplificada** ya que no disponemos de un edificio de referencia que defina la propia instalación. Por otra parte si disponemos de los parámetros característicos que componen la envolvente térmica. Para poder optar a esta opción se han de cumplir una serie de requisitos por parte del edificio, que son:

- que la superficie de huecos en cada fachada sea inferior al 60% de su superficie;

$$A_T = 261,85 \text{ m}^2$$

$$A_v = 40,46 \text{ m}^2$$

Porcentaje de huecos: **17,74% Cumple**

- que la superficie de lucernarios sea inferior al 5% de la superficie total de la cubierta.

$$A_T = 157,18 \text{ m}^2$$

$$A_L = 0,98 \text{ m}^2$$

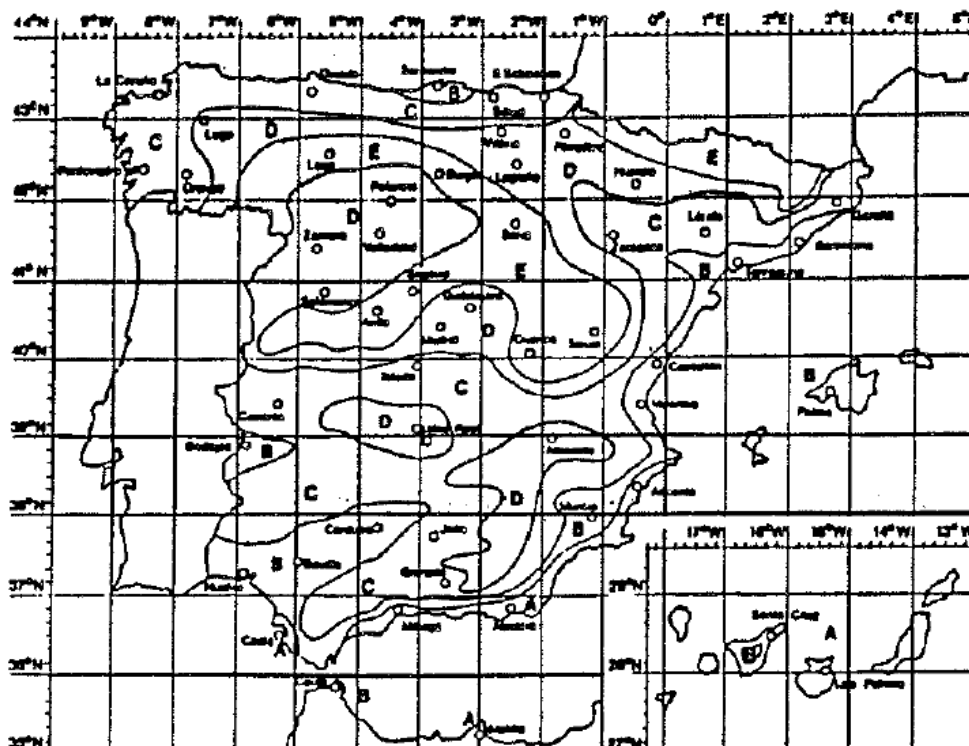
Porcentaje de lucernarios: **0,6 % Cumple**

Así pues una vez elegida la opción de limitación de la demanda, comenzamos a definir el edificio:

1.3.2.2.1 Zonificación climática:

Se establecen 12 zonas climáticas identificadas mediante una letra, correspondiente a la división de invierno, y un número, correspondiente a la división de verano. En general, la zona climática donde se ubican los edificios se determinará a partir de los valores tabulados.

Madrid corresponderá a la Zona D3, como se puede observar en el siguiente mapa y en su tabla correspondiente:



Mapa 1.3 (fuente: “Manual de climatización” Pinazo Ojer)

Tabla D.1.- Zonas climáticas

Provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1

Tabla 1.7 (fuente: DB-HE de Ahorro de energía)

1.3.2.2.2 Clasificación de los espacios:

Los espacios interiores de los edificios se clasifican en espacios habitables y espacios no habitables.

A efectos de cálculo de la demanda energética, los espacios habitables se clasifican en función de la cantidad de calor disipada en su interior, debido a la actividad realizada y al periodo de utilización de cada espacio, en las siguientes categorías:

- espacios con carga interna baja: espacios en los que se disipa poco calor. Son los espacios destinados principalmente a residir en ellos, con carácter eventual o permanente.
- espacios con carga interna alta: espacios en los que se genera gran cantidad de calor por causa de su ocupación, iluminación o equipos existentes.

Cabe destacar que en este proyecto ningún espacio de la vivienda será de carga interna alta

- Por último, a efectos de comprobación de la limitación de condensaciones en los cerramientos. Los espacios habitables se caracterizan por el exceso de humedad interior mediante un número según su higrometría.

Los espacios del presente proyecto serán de clase higrometría 3 o inferior: ya que es una categoría en la que se engloban todos los espacios de edificios residenciales. Estos son espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad.

1.3.2.2.3 Envoltente térmica del edificio:

Los parámetros característicos que definen la envoltente térmica se agrupan en los siguientes tipos:

- transmitancia térmica de muros de fachada U_M ;
- transmitancia térmica de cubiertas U_C ;
- transmitancia térmica de suelos U_S ;
- transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno U_T ;
- transmitancia térmica de huecos U_H ;
- factor solar modificado de huecos F_H ;
- factor solar modificado de lucernarios F_L ;
- transmitancia térmica de medianerías U_{MD} .

Así pues, la envolvente térmica de nuestro edificio es la siguiente:



Plano 1.5: Envolvente térmica del edificio

A partir de esta envolvente térmica y los datos de Zona climática para Madrid, obtenemos los siguientes valores máximos de las transmitancias térmicas para los muros, suelos, cubiertas, vidrios y medianerías:

Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de *cerramientos y particiones interiores* de la envolvente térmica
U en W/m²K

<i>Cerramientos y particiones interiores</i>	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con <i>espacios no habitables</i> , primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos ⁽²⁾	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas ⁽³⁾	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m

⁽²⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de cámaras sanitarias, se consideran como suelos

⁽³⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas

Tabla 1.8 (fuente: DB-HE)

1.3.2.2.4 Transmitancias térmicas límite:

Por último se tabulan también las transmitancias térmicas límite de los huecos de la vivienda según la Zona Climática, son los siguientes.

ZONA CLIMÁTICA D3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,28$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N	E/O	S	SE/SO	Carga interna baja			Carga interna alta		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0 (3,5)	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5 (2,9)	2,9 (3,3)	3,5	3,5	-	-	-	0,54	-	0,57
de 31 a 40	2,2 (2,5)	2,6 (2,9)	3,4 (3,5)	3,4 (3,5)	-	-	-	0,42	0,58	0,45
de 41 a 50	2,1 (2,2)	2,5 (2,6)	3,2 (3,4)	3,2 (3,4)	0,50	-	0,53	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	1,9 (2,1)	2,3 (2,4)	3,0 (3,1)	3,0 (3,1)	0,42	0,61	0,46	0,30	0,43	0,32

⁽¹⁾ En los casos en que la transmitancia media de los muros de fachada U_{Mm} , definida en el apartado 3.2.2.1, sea inferior a 0,47 $\text{W/m}^2 \text{ K}$ se podrá tomar el valor de U_{Hlim} indicado entre paréntesis para las zonas climáticas D1, D2 y D3.

Tabla 1.9 (fuente:DB-HE)

Son pues, estos valores límite los que tendremos que comparar, y en ningún caso sobrepasar, con los valores de las transmitancias que obtendremos en nuestros cálculos de la vivienda. Estos cálculos los llevaremos a cabo en el siguiente capítulo “Cálculo de necesidades de la Instalación – Demanda de Climatización”

1.3.2.3 Cálculo general de la demanda de ACS:

A continuación, calcularemos la demanda diaria de agua caliente sanitaria (ACS) que precisa el edificio en litros. Para los cálculos consultamos la tabla que nos provee el CTE-DB-HE, la cual nos indica los litros de ACS por día a 60°C que se necesita dependiendo del tipo de instalación:

Tabla 3

Criterio de consumo	Litros/día	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hoteles (4 estrellas)	70	por cama
Hoteles (3 estrellas)	55	por cama
Hoteles/Hostales (2 estrellas)	40	por cama
Campings	40	por emplazamiento
Hostales/Pensiones (1 estrella)	35	por cama
Residencias (ancianos, estudiantes, etc.)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Oficinas	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Tabla 1.10 (fuente: PCT)

En la vivienda viven 6 personas por lo que hacen un total de 180 litros/día de agua caliente sanitaria a 60°.



Ahora si con este dato de consumo diario de ACS podemos entrar en la tabla de contribución solar mínima y obtenemos un factor solar de 60% para la zona climática IV. Este valor jugará un importante papel a la hora de escoger los colectores solares apropiados y el número de ellos.

1.3.2.4 Cálculo general de la demanda de Calefacción:

La demanda de calefacción vendrá explicada detenidamente en el apartado “Cargas Térmicas” y será explicada mediante cálculos de transmisión de calor por convección y radiación por el método de las transmitancias térmicas a lo largo de las superficies de la vivienda.

1.4 Consideraciones previas al cálculo de la instalación:

Antes de comenzar con el dimensionamiento del sistema, es necesario considerar cuatro ideas fundamentales que debe cumplir en la medida de lo posible toda instalación: “Curso de experto profesional de energía solar térmica, CENSOLAR”

- Captar el máximo posible de energía solar
Tan importante es disponer de un número suficiente de colectores para captar la energía solar, elegir la inclinación adecuada para no desaprovecharla como de regular la captación de dicha energía.
- Consumir principalmente energía solar
El diseño del sistema de almacenamiento debe favorecer el uso primario de energía solar frente a la auxiliar.
Está terminantemente prohibido por el Pliego de condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura, la conexión de un sistema auxiliar en el acumulador solar ya que supondría una disminución de las posibilidades de la instalación solar.
- Asegurar la complementariedad entre la energía solar y la convencional.
Se trataría de precalentar toda el agua que va a ser consumida mediante energía solar y añadiendo la cantidad mínima de energía auxiliar mediante una caldera de forma instantánea.
- No juntar energía solar con convencional
Mezclar lo menos posible el agua precalentada por los colectores con la que lo ha sido mediante la energía auxiliar.

1.4.1 Requisitos generales y de seguridad en el diseño de una instalación solar: Definiendo la instalación

Estos requisitos generales y de seguridad, han de darse en todas las instalaciones solares térmica y los siguientes puntos aquí explicados están contenidos en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de baja temperatura, PCT.

1.4.1.1 Generalidades

Por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) se define este edificio como un “Sistema solar de calentamiento a medida o por elementos” y de categoría “Sistema pequeño a medida”. Este es un sistema único en el diseño y montaje, utilizado para el calentamiento de agua y calefacción.



Para estas instalaciones destinadas a ACS y calefacción por suelo radiante, se deberán emplear captadores cuyo coeficiente global de pérdidas sea inferior a $4,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$

1.4.1.2 Protección contra heladas: Fluido de trabajo

Según las características climatológicas del lugar, la instalación se puede ver afectada por heladas ya que anteriormente se ha visto que Madrid tiene un mínimo histórico de $-15,4\text{°C}$ por lo que habrá que elegir un fluido de trabajo en el circuito primario que no congele a dicha temperatura.

El fluido elegido esta vez es una mezcla de agua con 1,2propilenglicol, en concreto un aditivo preparado con el nombre industrial Tyfocor L al 40% de propilenglicol. Este nos salvará de la congelación hasta -21°C según el fabricante.

- Propiedades del fluido de trabajo:

Es importante establecer las propiedades del fluido de trabajo ya que en gran medida va a depender el funcionamiento correcto de la instalación como por ejemplo el correcto dimensionado del vaso de expansión por tener una dilatación mayor que la del agua corriente. Y al tener una densidad mayor el flujo másico de la instalación será distinto.

1.4.1.3 Protección frente a sobrecalentamientos, quemaduras y Legionella :

El sistema deberá estar diseñado de tal forma que con altas radiaciones solares prolongadas sin consumo de agua caliente, no se produzcan situaciones en las cuales el usuario tenga que realizar alguna acción especial para llevar al sistema a su forma normal de operación.

Cuando el sistema disponga de la posibilidad de drenajes como protección ante sobrecalentamientos, la construcción deberá realizarse de tal forma que el agua caliente o vapor del drenaje no supongan ningún peligro para los habitantes y no se produzcan daños en el sistema, ni en ningún otro material en el edificio o vivienda.

El sistema deberá ser diseñado de tal forma que nunca se exceda la máxima temperatura permitida por todos los materiales y componentes.

En sistemas de agua caliente sanitaria, donde la temperatura de agua caliente en los puntos de consumo pueda exceder de 60 °C deberá ser instalado un sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60°C .

En sistemas con circulación forzada se aconseja utilizar una válvula anti-retorno para evitar flujos inversos.

Para el caso de la prevención contra la Legionelosis la temperatura del agua en el circuito de distribución de agua caliente no deberá ser inferior a 50 °C en el punto más alejado y previo a la mezcla necesaria para la protección contra quemaduras o en la tubería de retorno al acumulador.



MEMORIA

1.5 Criterios generales de diseño

1.5.1 Diseño del sistema de captación

1.5.1.1 Generalidades:

El captador seleccionado deberá poseer la certificación emitida por un organismo competente en la materia o por un laboratorio de ensayos según lo regulado en el RD 891/1980 de 14 de abril. Además de presentar la homologación se han de presentar las curvas de rendimiento obtenidas por el organismo o laboratorio.

Además se ha de cuidar que la pérdida de carga del captador para un caudal de 1 l/min por cada m^2 será inferior a 1m c.a

Se recomienda que los captadores que integren la instalación sean del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos.

1.5.1.2 Pérdidas por orientación:

La orientación e inclinación del sistema de captación y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas respecto al óptimo, sean inferiores a los límites de la tabla

Tabla 2

	Orientación e inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI+S)
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Tabla 1.118(fuente:PCT)

Nuestro caso será el caso General por lo que solo dispondremos de un 10% máximo admitido para las pérdidas por orientación e inclinación. Respecto a las sombras, en nuestro proyecto no habrá posibles sombras sobre los colectores ya que no hay elementos externos que las produzcan y además se hará un estudio de la distancia mínima entre colectores para que las sombras producidas por los propios colectores sean inexistentes.

1.5.1.3 Inclinación óptima:

Se considera la dirección Sur como óptima, en nuestro caso eso se cumplirá ya que toda la cubierta donde estarán instalados los colectores está orientada al Sur.



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

La inclinación óptima, β_{opt} , se considera como dependiente del periodo de consumo:

- Consumo constante anual: la latitud geográfica
- Consumo preferente en invierno: la latitud geográfica + 10°
- Consumo preferente en verano: la latitud geográfica - 10°

Ya que nuestra instalación es eminentemente de uso en invierno, ya que es de calefacción, elegiremos una inclinación de 50° respecto de la horizontal.

1.5.1.4 Conexionado:

Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serie paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.

Dentro de cada fila los captadores se conectarán en serie o en paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante.

El número de captadores conexicionados en serie no será superior a tres. En casos de aplicaciones para algunos usos industriales y refrigeración por absorción, si está justificado, este número podrá elevarse a cuatro, siempre y cuando sea permitido por el fabricante. En el caso de que la aplicación sea de A.C.S. no deben conectarse más de dos captadores en serie.

Se dispondrá de un sistema para asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores. En general se debe alcanzar un flujo equilibrado mediante el sistema de retorno invertido. Si esto no es posible, se puede controlar el flujo mediante mecanismos adecuados, como válvulas de equilibrado.

Se deberá prestar especial atención en la estanquidad y durabilidad de las conexiones del captador.

En la Ilustración se pueden observar de forma esquemática las conexiones mencionadas en este apartado.

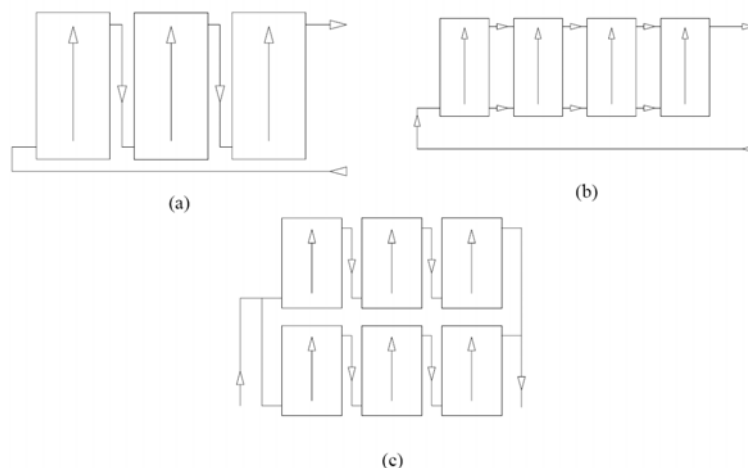


Fig. 2. Conexión de captadores: a) En serie. b) En paralelo. c) En serie-paralelo.

Ilustración 1.2 (fuente: PCT)

1.5.2 Diseño del sistema de acumulación solar:

El diseño del sistema de acumulación tendrá determinadas preferencias. Preferentemente, los acumuladores serán de configuración vertical y se ubicarán en zonas interiores.

Para aplicaciones combinadas con acumulación centralizada es obligatoria la configuración vertical del depósito, debiéndose además cumplir que la relación altura/diámetro del mismo sea mayor de dos.

El sistema deberá ser capaz de elevar la temperatura del acumulador a 60°C y hasta 70°C con objeto de prevenir la legionelosis, tal como dispone el RD 865/2003, de 4 de julio.

a) Sistema auxiliar en el acumulador solar

No se permite la conexión de un sistema auxiliar en el acumulador solar, ya que esto puede suponer una disminución de las posibilidades de la instalación solar para proporcionar las prestaciones energéticas que se pretenden obtener con este tipo de instalaciones.

1.5.3 Diseño del sistema de intercambio:

El intercambiador independiente será de placas de acero inoxidable o cobre y deberá soportar las temperaturas y presiones máximas de trabajo de la instalación.

El intercambiador del circuito de captadores incorporado al acumulador solar estará situado en la parte inferior de este último y podrá ser de tipo sumergido o de doble envolvente.

Así pues para una instalación donde solo se usa un intercambiador entre el acumulador y las placas solares, la transferencia de calor del intercambiador no deberá ser inferior a $40 \text{ W/K} \cdot \text{m}^2$, por m^2 de colector solar.

Por último, respecto a las pérdidas de carga en el intercambiador, estas no podrán ser superiores a 3m c.a tanto en el circuito primario como en el secundario.



1.5.4 Diseño del circuito hidráulico:

Debe concebirse en fase de diseño un circuito hidráulico de por sí equilibrado. Si no fuera posible, el flujo debe ser controlado por válvulas de equilibrado.

1.5.4.2 Tuberías

Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible, evitando al máximo los codos y pérdidas de carga en general.

Además como es obvio, se prohíbe el uso de acero negro en las tuberías para el circuito de agua sanitaria.

El diámetro de las tuberías será tal que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2m/s en locales habitados y de 3m/s para trazados por el exterior.

Por último reseñar que la pérdida de carga admisible por metro lineal de tubería nunca ha de ser mayor a 40mmca.

1.5.4.3 Bombas

Primeramente, se ha de optar por bombas tipo de circuladores en línea, siempre que sea posible.

Si el circuito de captadores está dotado con una bomba de circulación, la caída de presión se debería mantener aceptablemente baja en todo el circuito.

Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

La potencia de la bomba para sistemas pequeños rondará el 2% de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el sistema de colectores, pero esta rondará de forma general los 50W.

Por último, la bomba deberá compensar todas las pérdidas de carga que se den en el circuito.

1.5.4.4 Vasos de expansión

Los vasos de expansión preferentemente se conectarán en la aspiración de la bomba.

El vaso de expansión puede ser de dos formas, abierto o cerrado. Para este proyecto se ha elegido un vaso de expansión cerrado, y deberá cumplir la siguiente serie de condiciones para su posterior dimensionado.

El volumen de dilatación manejado por el vaso de expansión será como mínimo, igual a 4,3% del volumen total de fluido. Además, el depósito de expansión deberá ser capaz de compensar el volumen del medio de transferencia de calor en todo el grupo de captadores completo, incluyendo todas las tuberías de conexión entre captadores, más un 10%.

1.5.4.5 Válvulas

Para este tipo de instalaciones, no estará permitido el uso de válvulas de compuerta.

Las válvulas de seguridad han de ser capaces de derivar la potencia máxima de los captadores de manera que en ningún caso se sobre pase la presión máxima de trabajo del sistema.



Además, la presión nominal mínima de todo tipo de válvulas en ningún caso ha de ser inferior a 4kg/cm^2

1.5.4.6 Purga de aire

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático.

Los trazados horizontales de tubería tendrán siempre una pendiente mínima del 1% en sentido de la circulación.

1.5.4.7 Drenaje

Los conductos de drenaje de las baterías de captadores se diseñarán en lo posible de forma que no puedan congelarse.

1.5.4.8 Diseño del sistema de energía auxiliar

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía auxiliar. Queda prohibido el uso de sistemas de energía auxiliar en el circuito primario de captadores.

1.5.4.9 Diseño del sistema eléctrico y de control

El diseño del sistema de control asegurará el correcto funcionamiento de las instalaciones, procurando obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control comprende los siguientes sistemas:

- Control de funcionamiento del circuito primario y secundario.
- Sistemas de protección y seguridad de las instalaciones contra sobrecalentamientos, heladas, etc.

El rango de temperatura ambiente de funcionamiento del sistema de control estará, como mínimo, entre 10°C y 50°C

El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos.

El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2°C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7°C . La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor de 2°C .

1.5.4.10 Diseño del sistema de monitorización

Para el caso de instalaciones menores de 20 m^2 , como es el caso de la presente instalación, no será obligatorio disponer de un sistema analógico de medida de variables del sistema.



CAPITULO 2:

Cálculo de las necesidades de la instalación:



2.1 INTRODUCCIÓN:

El estudio de cargas térmicas supone el cálculo de la potencia térmica necesaria para cubrir la demanda necesitada por el edificio. Para ello es necesario efectuar un balance de pérdidas y ganancias de calor, tanto sensibles (afecta a la temperatura) como latentes (afecta a la cantidad de vapor de agua), entre el interior de la zona a tratar y el exterior o zonas no habitables.

Cabe destacar que el estudio de demanda que se va a llevar a cabo es un estudio completo tanto para invierno como para verano aunque la instalación solamente vaya a ser funcional para agua sanitaria y calefacción. La refrigeración en este caso no se llevará a cabo, ya que por otro lado la superficie de la cubierta de la vivienda no es lo suficientemente grande como para acoger la cantidad de paneles necesarios que siempre son necesarios para un apoyo a la climatización razonable.

La carga térmica variará dependiendo de la temperatura y humedad requerida en el interior, localización y las características de los cerramientos del local a acondicionar.

Las condiciones térmicas interiores vienen definidas en el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios), y los datos necesarios de localización y cerramientos vienen definidos en el CTE (Código Técnico de la Edificación).

Para las cargas térmicas tenemos que tener en cuenta los casos más restrictivos, para poder atender la demanda en caso de necesidad, teniendo que diferenciar el cálculo de cargas térmicas para refrigeración y para calefacción, para el día más caluroso del verano, y para el día más frío del invierno, respectivamente.

Por último habrá tener en cuenta si se trata de una carga sensible o una carga latente y si se trata de una carga interior o exterior.

Los tipos de cargas que tenemos son, dividiéndolas en cargas exteriores e interiores:

- Cargas exteriores
 - Cargas a través de paredes, suelo y techo
 - Cargas a través de superficies acristaladas (cargas por convección y por radiación)
 - Cargas debidas a la ventilación (tiene carga sensible y carga latente)
 - Cargas por infiltraciones (tiene carga sensible y carga latente)
- Cargas interiores
 - Ocupantes (tiene carga sensible y carga latente)
 - Iluminación
 - Maquinaria/equipos
 - Instalación



Cada tipo de carga se tratará de forma diferente para climatización y calefacción, teniendo en cuenta que al tener que tomar el caso más restrictivo algunas cargas no se tendrán en cuenta en algunas ocasiones.

Para finalizar el estudio se llevará a cabo un cálculo de radiación a través de las superficies acristaladas para los meses de verano.

Lo que se va a estudiar a continuación para poder llevar a cabo un estudio de cargas térmicas es hacer un estudio del ambiente de trabajo, para las condiciones interiores y exteriores de la vivienda, que englobará las características del aire más importantes tales como su temperatura en las paredes, humedad relativa, entalpías, presiones de vapor etc....

2.2 CONDICIONES EXTERIORES E INTERIORES DEL PROYECTO:

Para el cálculo de las condiciones exteriores e interiores del proyecto nos apoyaremos en el Tomo II del “Manual de climatización” de Pinazo Ojer, que nos dará las pautas a seguir.

2.2.1 Condiciones Interiores del proyecto

Las condiciones interiores en locales habitables y climatizables han de cumplir una serie de requisitos, diferentes según la estación del año, que se pueden resumir en los siguientes aspectos de la temperatura seca del local y su humedad relativa:

a) Respecto a la Temperatura seca:

- Para locales calefactados (invierno), la temperatura seca interior media no rebasará los 21°C, a menos que el aumento se consiga con medios no convencionales.
- Para locales refrigerados (verano), la temperatura seca interior media no será nunca inferior a los 25°C, a menos que las condiciones térmicas resultantes se obtengan sin gasto alguno de energías del tipo convencional.
- En ningún caso la temperatura de un local concreto superará los 22°C en invierno, ni será inferior a los 23°C en verano.

b) En cuanto a la humedad relativa:

- El contenido en vapor de agua mínimo es de 5g/kg as.
- El valor de la humedad relativa del proyecto en verano será igual o superior al 55%. El contenido en vapor de agua en verano estará entre 10 y 11g/kg as.

Por lo tanto de forma general adoptaremos las siguientes condiciones interiores como válidas en la práctica:

Verano: Temperatura seca, °C : $T_s = 24^\circ\text{C}$



MEMORIA

Invierno Humedad relativa, %: $\phi = 55\%$
Temperatura seca, °C: $T_s = 21^\circ\text{C}$
Humedad relativa, %: $\phi = 35\%$

2.2.2 Condiciones Exteriores Extremas del proyecto

Para las condiciones exteriores obviamente no existe una norma a seguir ya que esas condiciones serán cambiantes. Por lo que se tomarán valores medios según los observados históricamente por el Instituto Nacional de Meteorología y para dimensionar correctamente la potencia de la instalación se analizarán las condiciones más adversas para el día mas frio, para calefacción, y más caluroso, para refrigeración, para ello en cambio utilizaremos el “Manual de Climatización” de Pinazo Ojer, ya que los cálculos estarán sobredimensionados que es lo que queremos conseguir.

2.2.2.1 Condiciones en Verano:

Para verano el mes donde se dan las condiciones más extremas es Julio, para ser más exactos los cálculos serán referidos al 22 de julio a las 15h, ya que está probado que la evolución de la temperatura seca a lo largo del día es aproximadamente senoidal con un máximo a las 15 horas solares. Y el día 22 de Julio es día del mes donde se recibirá la mayor radiación solar de todo el año.

Las condiciones exteriores serán las siguientes:

LOCALIDAD	Alt. m	Lat.	Long.	Viento m/s	Ts/Th coincidentes (°C)			OMD (°C)	OMA (°C)
					1%	2,5%	5%		
Madrid (Barajas)	595	40°28'N	3°34'W	N 4,4	35,5/20,2	34,2/19,9	32,7/19,6	15,8	39,7

TABLA 6.1 Condiciones climáticas para verano

Tabla 2.1 (fuente: “Manual de climatización” Pinazo Ojer)

$T_s(5\%)$: $32,7^\circ\text{C}$

$T_h(5\%)$: $19,6^\circ\text{C}$

Altitud: 595m

Viento: N 4,4m/s

Latitud: 40°28'

Posteriormente estos valores habrán de ser corregidos por la situación particular del proyecto, los factores por las que se verán afectadas serán:

- $\Delta T_{s,ext,hora}$ = Variación de la temperatura seca exterior en función de la hora solar considerada.

OMD	HORA SOLAR										
(°C)	6	8	10	12	14	15	16	18	20	22	24
6	6	5,3	4,1	2,8	0,6	0,0	0,6	1,1	2,9	4,7	5,6
8	8	6,5	4,9	2,8	0,6	0,0	0,6	1,1	3,3	5,4	7,5
10	10	7,3	5,3	2,8	0,6	0,0	0,6	1,4	3,7	5,9	8,4
12	12	8,1	5,6	2,8	0,6	0,0	0,6	1,7	4,1	6,5	9,2
14	14	8,9	5,6	2,8	0,6	0,0	0,6	1,7	4,4	7,2	10,0
16	16	9,7	6,4	3,2	0,6	0,0	0,6	2,1	5,3	8,1	11,3
18	18	10,8	7,2	3,6	0,6	0,0	0,6	2,7	6,1	9,1	12,5
20	20	11,9	8,0	4,0	0,6	0,0	0,6	3,4	6,9	10,3	13,8
22	22	13,2	8,8	4,4	0,6	0,0	0,6	3,8	7,7	11,6	15,4
24	24	14,0	9,2	4,5	0,9	0,0	0,9	4,2	8,5	12,7	16,6

TABLA 6.2. Corrección temperatura seca exterior en función de la hora

Tabla 2.2 (fuente: “Manual de climatización” Pinazo Ojer”)

No hay corrección para las 15h. $\Delta T_{s,ext,hora}=0$

- $\Delta T_{s,ext,mes}$ = Variación de la temperatura seca exterior en función del mes considerado.

OMA	MES								
(°C)	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
45	13,5	8,9	4,4	1,7	0,0	0,0	2,4	6,7	11,5
40	7,5	5,0	2,2	0,6	0,0	0,0	1,3	3,9	8,0
35	5,7	4,2	2,0	0,6	0,0	0,0	1,1	3,1	6,2
30	3,2	2,7	1,7	0,6	0,0	0,0	1,1	2,2	4,3
25	2,2	1,7	1,0	0,6	0,0	0,0	0,9	1,7	3,3
20	1,7	1,2	0,8	0,5	0,0	0,0	0,7	1,2	2,5

TABLA 6.3. Corrección temperatura seca exterior en función del mes

Tabla 2.3 (fuente: “Manual de climatización” Pinazo Ojer”)

No hay corrección para el mes de Julio. $\Delta T_{s,ext,mes}=0$

- $\Delta T_{s,ext,altura} = -\frac{\Delta z}{150}$; Siendo Δz = la diferencia de cotas entre el lugar considerado y la estación meteorológica.

$$\Delta T_{s,ext,altura} = 0$$

- Por último teniendo en cuenta la localización concreta de la vivienda, se tiene que tener en cuenta la aportación que tiene la proximidad de una gran ciudad, en nuestro caso Madrid . Las ciudades pueden tener una aportación de entre 1 y 3 grados a la temperatura final de un proyecto. En nuestro caso pese a ser una gran ciudad como Madrid , se tomara como valor representativo la aportación de 1°C a la temperatura ya que la vivienda está situada a las afueras de la ciudad y el efecto de subida de temperatura por la proximidad de una ciudad se verá mitigado en cierta medida. Por lo tanto:

$$\Delta T_{s,ext,ciudad} = 1^{\circ}\text{C}$$

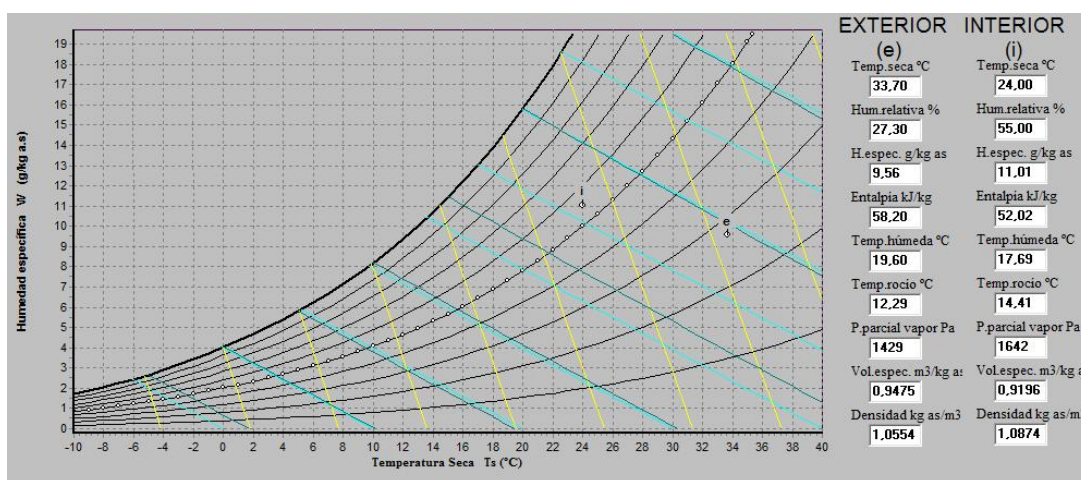
Así por tanto la Temperatura seca máxima corregida el 22 de Julio a las 15h, será:

$$T_{s,ext} = T_{s,ext,max,NP} - \Delta T_{s,ext,hora} - \Delta T_{s,ext,mes} + T_{s,ext,alt} + T_{s,ext,altura} = 33,7^{\circ}\text{C}$$

Para la temperatura Húmeda del proyecto se procederá de la misma manera, corrigiéndola en base a la hora solar y el mes considerado , pero como en el caso de la Temperatura seca , los incrementos por , hora y mes , serán nulos teniendo por tanto una Temperatura húmeda del proyecto de :

$$T_{h,ext} = 19,6^{\circ}\text{C}$$

Por último, haciendo uso del diagrama psicrométrico se conocerán las demás propiedades del aire del proyecto para las condiciones del 22 de Julio a las 15 horas, en el ambiente exterior e interior:



Gráfica 2.1

Condiciones exteriores e interiores extremas para verano (JULIO)									
Presión total = 94378 Pa equivalente a 944 mbar correspondientes a una altitud de 595 m									
Punto	Ts(°C)	Hr (%)	W(g/kg)	Th(°C)	Tr(°C)	H(kJ/kg)	Pv(Pa)	Den(kg/m3)	ve(m3/kg)
e	33,7	27,3	9,56	19,6	12,29	58,2	1429	1,0554	0,9475
i	24	55	11,01	17,69	14,41	52,02	1642	1,0874	0,9196

Tabla 2.4

Del diagrama se obtienen los siguientes resultados:

Para el exterior:

$$T_{bse}=33,7^{\circ}, T_{bhe}=19,6^{\circ} \rightarrow w_e=9,59 \text{ g/kg as}, h_e=58,2 \text{ kJ/kg}$$

Para el interior:

$$T_{bsi}=24^{\circ}, \phi_i=55\% \rightarrow w_i=11,01 \text{ g/kg as}, h_i=52,02 \text{ kJ/kg}$$

(cumple las condiciones de confort ,y la relación de humedad ,vapor de agua, interior para el verano cumple la norma de estar situada entre 10 y 11g/kg as)

2.2.2.2 Condiciones en Invierno :

Para invierno el mes donde se dan las condiciones más extremas, es el 1 de Enero y los cálculos serán referidos a las 7h de dicho mes, cuando la radiación solar horizontal es nula y la aportación térmica de personas y maquinas es mínima, para este periodo se hace uso del concepto grados-día, tabulándose para España según la norma UNE 100-001-85, obtendremos los valores de temperatura seca por la tabla aportada por el “Manual de Climatización” de Pinazo Ojer. Así pues tendremos las siguientes condiciones, se elegirá un nivel percentil de 97,5% que es lo que exige la normativa para unas condiciones generales.

Condiciones exteriores:

$T_s(97,5\%)$: $-3,4^{\circ}\text{C}$

Humedad relativa (ϕ)= 75%

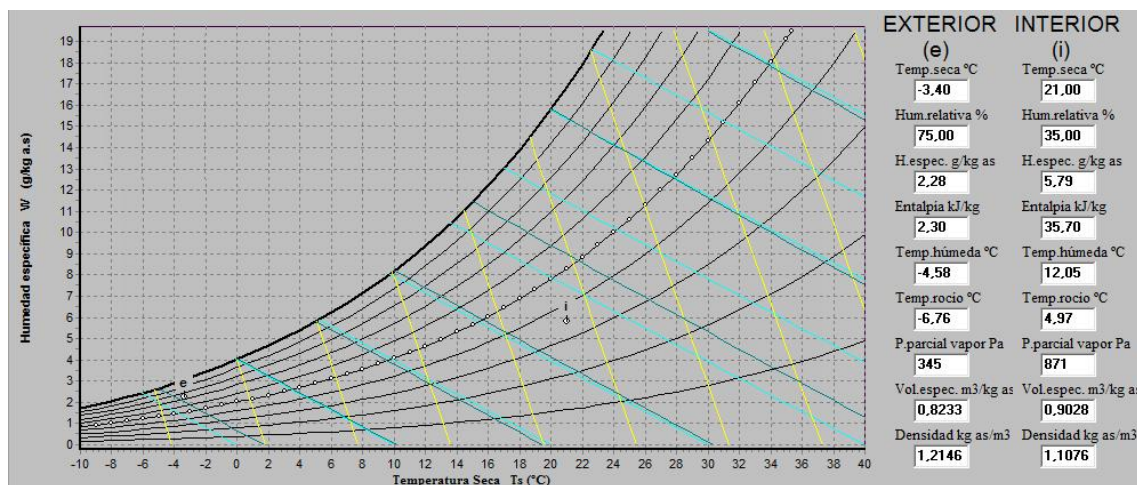
Altitud: 595m

Viento: N 4,4m/s

Latitud: $40^{\circ}28'$

El dato de humedad relativa para los demás meses de invierno se tomará de la tabla aportada por el Instituto Nacional de Meteorología a las que ya hemos hecho referencia en apartados anteriores.

Así pues de forma análoga a la anterior, mediante el diagrama psicrométrico, averiguamos las propiedades del aire exterior e interior para las condiciones de Invierno el día 1 de Enero a las 7 horas.



Gráfica 2.2

Condiciones exteriores e interiores extremas para invierno (ENERO)										
Presión total = 94378 Pa equivalente a 944 mbar correspondientes a una altitud de 595 m										
Punto	Ts(°C)	Hr (%)	W(g/kg)	Th(°C)	Tr(°C)	H(kJ/kg)	Pv(Pa)	Den(kg/m³)	ve(m³/kg)	Caudal(m³/h)
e	-3,4	75	2,28	-4,58	-6,76	2,3	345	1,2146	0,8233	
i	21	35	5,79	12,05	4,97	35,7	871	1,1076	0,9028	

Tabla 2.5



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

Del diagrama se obtienen los siguientes resultados:

Para el exterior:

$T_{bse} = -3,4^\circ$, $\phi = 75\%$ \rightarrow $w_e = 2,28 \text{ g/kg}$, $h_e = 2,3 \text{ kJ/kg}$

Para el interior:

$T_{bsi} = 21^\circ$, $\phi_i = 35\%$ \rightarrow $w_i = 5,79 \text{ g/kg}$, $h_i = 35,7 \text{ kJ/kg}$

(el interior cumple las condiciones de confort que establecen que el contenido en vapor de agua en invierno no será inferior a 5g/kg)

2.2.2.3 Condiciones Exteriores para todos los meses del año:

En las siguientes tablas se muestran las condiciones exteriores para todos los meses del año que, excepto Julio y Enero que como ya se ha explicado en apartados anteriores son los meses donde se registran las condiciones extremas del proyecto por lo tanto las que nos permitirán modelizar la potencia de la instalación con un grado de seguridad. Los demás meses han sido calculados con los valores proporcionados por el INM de temperatura medias máximas y mínimas y los valores de Humedad relativa para cada mes.

1) Para verano:

Condiciones climáticas exteriores para verano									
Presión total = 94378 Pa equivalente a 944 mbar correspondientes a una altitud de 595 m									
Punto	Ts(°C)	Hr (%)	W(g/kg)	Th(°C)	Tr(°C)	H(kJ/kg)	Pv(Pa)	Den(kg/m3)	ve(m3/kg)
Mayo	22,3	56	10,1	16,4	13,11	47,97	1508	1,0952	0,913
Junio	28,2	47	12,08	19,78	15,83	59,03	1798	1,0704	0,9342
Julio	33,7	27,3	9,56	19,6	12,29	58,2	1429	1,0554	0,9475
Agosto	32,4	41	13,44	21,9	17,46	66,79	1996	1,0535	0,9492
Septiembre	27,6	51	12,67	20,02	16,56	59,92	1884	1,0716	0,9332
Octubre	20,6	64	10,41	16,08	13,56	47,02	1553	1,101	0,9082

Tabla 2.6

2) Para invierno:

Condiciones climáticas exteriores para Invierno									
Presión total = 94378 Pa equivalente a 944 mbar correspondientes a una altitud de 595 m									
Punto	Ts(°C)	Hr (%)	W(g/kg)	Th(°C)	Tr(°C)	H(kJ/kg)	Pv(Pa)	Den(kg/m3)	ve(m3/kg)
Octubre	8,3	64	4,65	5,23	1,9	20,01	701	1,1597	0,8623
Noviembre	3,8	73	3,88	1,89	-,53	13,54	586	1,18	0,8475
Diciembre	1,8	77	3,55	,32	-1,6	10,69	536	1,1892	0,8409
Enero	-3,4	75	2,28	-4,58	-6,76	2,3	345	1,2146	0,8233
Febrero	1,5	68	3,07	-,53	-3,33	9,18	463	1,1914	0,8393
Marzo	3,2	59	3	,34	-3,58	10,73	454	1,1842	0,8444
Abril	5,4	58	3,45	2,17	-1,95	14,06	520	1,174	0,8518
Mayo	8,8	47	3,53	4,08	-1,67	17,68	532	1,1597	0,8623

Tabla 2.7

2.3 Cálculo de la demanda de ACS:

Se realiza el cálculo según el anexo IV del pliego de condiciones técnicas de baja temperatura (IDAE). Que como hemos indicado antes en el Capítulo 1, se establece un consumo diario de 180 litros ya que la ocupación de la vivienda es de 6 personas durante todo el año y el consumo por persona para una vivienda unifamiliar está normalizada en 30 litros/persona.

Otro dato que será imprescindible para el cálculo de la demanda de agua caliente sanitaria es la temperatura mínima media del agua de red que nos proporciona CENSOLAR. Se sabrá así la diferencia de temperaturas mensual que deberá suministrar la instalación solar.

Tabla 4. Temperatura mínima media del agua de la red general, en °C, obtenida a partir de medidas directas. Los datos han sido agrupados en seis perfiles característicos. (Fuente: CENSOLAR).

Nota: También se podrán tomar en consideración los valores indicados en la norma UNE 94002.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
30 MADRID	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3

Tabla 2.8 (fuente: PCT)

La temperatura a la que están los consumos serán los que se observan en el pliego de condiciones técnicas del IDAE (45°) y el CTE (60°). Para ACS se tomará una temperatura de consumo de 60°C , y se asegurará 50°C como mínimo en el punto más alejado del circuito.

La carga por A.C.S se calcula de la siguiente forma:

$$Q_{ACS} = c \cdot \rho_{agua} \cdot c_{agua} (T_{ACS} - T_{agua\ fría}) \cdot n$$

Siendo en cada caso:

c : Consumo diario de ACS en m³, teniendo en cuenta la ocupación

n : número de días del mes

ρ_{agua} : densidad del agua, [Kg/m³]

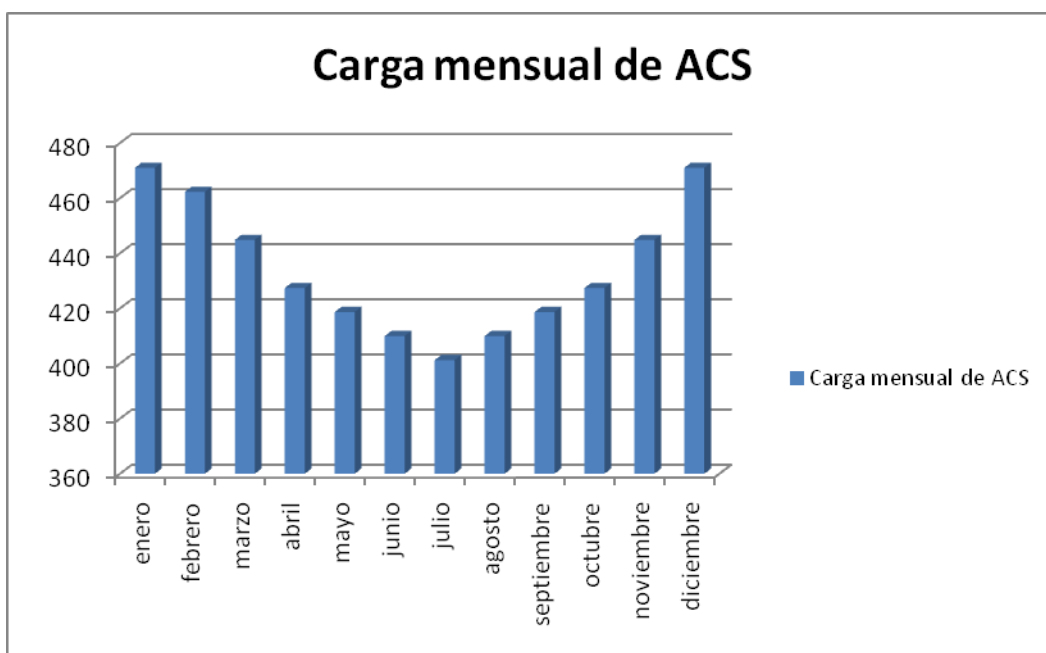
c_{agua} : Calor específico del agua, [KJ/KgK]

T_{ACS} : Temperatura de consumo de ACS, [°C]

$T_{agua\ fría}$: Temperatura de agua de red, [°C]

	Consumo [m ³]	Días	Ocupantes	T _{AGUA RED}	T _{uso} [°C]	Ce agua [KJ/KgK]	Densidad Agua [kg/m ³]	QACS [kJ/mes]	Potencia diaria[W]	Energía[kwh]
Enero	0,03	31	6	6	60	4,187	1000	1261626,84	471,0375	350,4519
Febrero	0,03	28	6	7	60	4,187	1000	1118431,44	462,3145833	310,6754
Marzo	0,03	31	6	9	60	4,187	1000	1191536,46	444,86875	330,98235
Abril	0,03	30	6	11	60	4,187	1000	1107880,2	427,4229167	307,7445
Mayo	0,03	31	6	12	60	4,187	1000	1121446,08	418,7	311,5128
Junio	0,03	30	6	13	60	4,187	1000	1062660,6	409,9770833	295,1835
Julio	0,03	31	6	14	60	4,187	1000	1074719,16	401,2541667	298,5331
Agosto	0,03	31	6	13	60	4,187	1000	1098082,62	409,9770833	305,02295
Septiembre	0,03	30	6	12	60	4,187	1000	1085270,4	418,7	301,464
Octubre	0,03	31	6	11	60	4,187	1000	1144809,54	427,4229167	318,00265
Noviembre	0,03	30	6	9	60	4,187	1000	1153099,8	444,86875	320,3055
Diciembre	0,03	31	6	6	60	4,187	1000	1261626,84	471,0375	350,4519

Tabla 2.9



Gráfica 2.3: Carga mensual de ACS

2.4 Calculo de la demanda de Calefacción:

2.4.1 Introducción:

El cálculo de la demanda de calefacción viene determinada esencialmente, aparte de por las condiciones del ambiente, por las transmitancias térmicas inherentes a cada material utilizado en el edificio. Estas transmitancias tendrán que ser acordes con el CTE, según las limitaciones ya vistas en el capítulo anterior concretamente en el apartado de “Limitación de la demanda”.

Este apartado se dedicara exclusivamente a calcular estas transmitancias y las cargas que producen en W en la instalación.

2.4.2 Cargas térmicas en la vivienda:

Las cargas térmicas en una vivienda provienen de tres tipos de transmisión de energía, por convección, conducción y radiación sobre las superficies. Los dos primeros tipos serán los predominantes en la instalación y serán los que se estudien mediante las transmitancias térmicas, la radiación en cambio se estudiará solamente para las superficies translucidas del edificio y exclusivamente en verano ya que en invierno asumiremos radiación solar nula. El estudio de radiación lo dividiremos en dos, radiación directa y radiación difusa.

En base a los datos obtenidos en el apartado anterior (condiciones del proyecto) calcularemos las cargas térmicas dentro de la vivienda para los días más desfavorables del verano y del invierno.

Los cálculos de este apartado serán referidos para el 22 de Julio a las 15 horas (hora civil), en el caso de verano, y para el 1 de Enero a las 7 horas en el caso de invierno. Estos dos



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

valores son los que dimensionarán la instalación ya que nos darán cargas máximas que tendrá que soportar la instalación.

Síntesis de componentes estructurales presentes en los cerramientos de la vivienda:

Componentes estructurales		Espesor (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)
1	Piedra de musgo	0,1	3,5	0,0285
2	Fábrica de un pie de ladrillo visto resistente	0,25	0,87	0,287
3	Fábrica de un pie de ladrillo tosco resistente	0,25	0,76	0,329
4	Aislamiento termo-acústico P1-256-50	0,05	0,038	1,315
5	Tabique de ladrillo hueco sencillo	0,04	0,49	0,0816
6	Enlucido de yeso	0,02	0,3	0,066
7	Pantalla de vapor	---	---	---
8	Muro de hormigón armado	0,3	1,63	0,184
9	Aislamiento térmico: Porexpan	0,04	---	1
10	Mortero de cemento para pintar	0,02	1,4	0,0143
11	Encanchado de grava	0,15	0,81	0,1852
12	Lámina impermeable	---	---	---
13	Solera de Hormigón armado	0,15	1,63	0,092
14	Acabado pulido y pintado	---	---	---
15	Forjado de semiviguetas (20+4)	0,24	---	0,3
16	Cama de arena de río	0,05	0,81	0,0617
17	Mortero de cemento de agarre	0,02	1,4	0,0143
18	Baldosa de gres	0,01	1,4	0,0115
19	Teja de hormigón	0,03	1,4	0,0214
20	Aislamiento termo-acustico en techos inclinados: Styrodur-2800S-40	0,04	0,034	1,25

Tabla 2.10: Componentes estructurales

NOTA: Las conductividades de los materiales estarán proporcionadas por el fabricante del material correspondiente. Y en el caso de que no se tengan datos se han utilizados datos estándar para ese tipo de material, fuente el libro de Pinazo Ojer, “Manual de Climatización” pg. 112, conductividad de materiales.

Se añaden unos datos previos que se obtienen del manual de climatización de Pinazo Ojer, como son las resistencias por convección según la dirección del flujo de calor, para cerramientos en contacto con el aire exterior:

Tabla E.1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m^2K/W

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,04	0,17

Tabla 2.4: Resistencias superficiales (fuente: DB-HE)

Para hallar las cargas térmicas por diferencias de temperaturas, será imprescindible consultar las temperaturas equivalentes en muros que se hallan también en el manual de Pinazo Ojer, en el caso particular de este proyecto donde los muros serán pesados y de un color medio de la pared. Los valores de las temperaturas equivalentes los hallamos en la siguiente figura:

22 de Julio

N-Sombra			S			E			O		
O	H	C	O	H	C	O	H	C	O	H	C
1	29.4	28.5	27.6	32.4	31.0	29.6	34.2	32.5	30.8	34.5	32.7
2	29.5	28.6	27.7	32.4	31.0	29.6	34.1	32.4	30.7	34.7	32.9
3	29.5	28.6	27.7	32.3	30.9	29.6	33.9	32.3	30.6	34.8	33.0
4	29.5	28.6	27.7	32.2	30.8	29.5	33.7	32.1	30.5	34.7	32.9
5	29.3	28.5	27.6	32.0	30.7	29.3	33.4	31.8	30.3	34.6	32.8
6	29.2	28.3	27.5	31.7	30.4	29.2	33.1	31.6	30.1	34.3	32.6
7	29.0	28.1	27.3	31.4	30.2	28.9	32.7	31.2	29.8	34.0	32.3
8	28.7	27.9	27.1	31.1	29.9	28.7	32.3	30.9	29.5	33.6	32.0
9	28.5	27.7	26.9	30.7	29.6	28.4	31.9	30.5	29.2	33.2	31.6
10	28.2	27.5	26.7	30.4	29.2	28.1	31.6	30.2	28.9	32.8	31.3
11	28.0	27.2	26.5	30.0	28.9	27.9	31.3	30.0	28.7	32.4	30.9
12	27.8	27.1	26.3	29.7	28.7	27.6	31.3	30.0	28.6	32.0	30.6
13	27.7	26.9	26.2	29.5	28.5	27.4	31.3	30.0	28.7	31.6	30.3
14	27.6	26.9	26.1	29.4	28.3	27.3	31.6	30.2	28.8	31.4	30.0
15	27.6	26.8	26.1	29.4	28.3	27.3	31.9	30.4	29.0	31.2	29.8
16	27.6	26.9	26.1	29.5	28.4	27.4	32.3	30.8	29.2	31.1	29.7
17	27.7	27.0	26.2	29.8	28.7	27.5	32.7	31.1	29.5	31.1	29.7
18	27.9	27.1	26.3	30.1	29.0	27.8	33.0	31.4	29.7	31.2	29.8
19	28.1	27.3	26.5	30.6	29.3	28.1	33.4	31.7	30.0	31.5	30.1
20	28.4	27.5	26.7	31.0	29.7	28.4	33.7	31.9	30.2	31.9	30.5
21	28.6	27.7	26.9	31.4	30.1	28.8	33.9	32.2	30.4	32.5	31.0
22	28.9	28.0	27.1	31.8	30.4	29.0	34.1	32.3	30.6	33.1	31.5
23	29.1	28.2	27.3	32.1	30.7	29.3	34.2	32.4	30.7	33.6	32.0
24	29.3	28.4	27.5	32.3	30.9	29.4	34.2	32.5	30.8	34.1	32.4

Tabla 2.5: Temperaturas secas equivalentes en muros (fuente: “Manual de climatización” Pinazo Ojer)

Será necesario realizar una corrección de la temperatura equivalente en el exterior para techos por motivos de situación del proyecto respecto a la zona de referencia, que es la T_{em} :

$$T_{seq\ corregida} = T_{seq\ standard} + T_{seq\ loc} + \Delta T_{seq\ mes} + \Delta T_{seq\ hora} + \Delta T_{seq\ alt} + \Delta T_{seq\ ref}$$

$$T_{seq\ corregida} = T_{seq\ standard} + 2,4^\circ C$$

Las temperaturas superficiales equivalentes corregidas en muros quedan de esta forma y se experimenta la siguiente carga térmica en W.

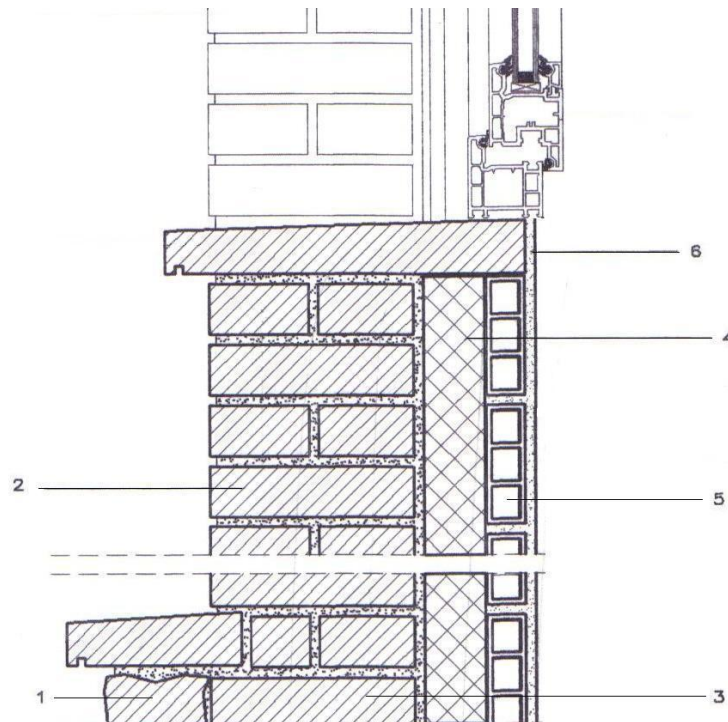
$T_N = 35,6^\circ\text{C}$	→	$Q_{Tn} = 188 \text{ W}$
$T_S = 37^\circ\text{C}$	→	$Q_{Ts} = 411,65 \text{ W}$
$T_E = 37^\circ\text{C}$	→	$Q_{Te} = 178,22 \text{ W}$
$T_O = 36,2^\circ\text{C}$	→	$Q_{To} = 134,67 \text{ W}$

A continuación se detalla un estudio de las cargas térmicas distinguiendo los tipos de cerramientos que se dan en la vivienda, y los materiales empleados.

2.4.2.1 Planta Baja:

La planta baja de la vivienda destaca por ser un muro compuesto por dos tipos de ladrillos según sean estos vistos, o estén tapados mediante la piedra de musgo que embellece la fachada. Este primer muro está dotado de un aislamiento termo-acústico y un tabique con posterior enlucido en yeso.

El muro a efectos de cálculo será considerado pesado (500kg/m^2), se tiene un color medio de la pared.

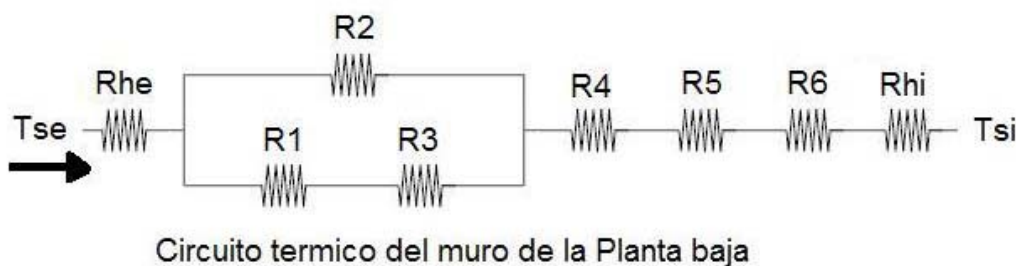


ilustracion 2.1: Composicion Muro P.baja

Detalle de la composición del muro, con su respectiva numeración:

- 1) Chapado de piedra de musgo (10cm): roca compacta: $\lambda = 3,5 \text{ W/m}^\circ\text{C} \rightarrow R_{T1} = 0,0285 \text{ m}^\circ\text{C/W}$
- 2) Fabrica de un pie de ladrillo visto resistente 25x12x5 (25cm): $\lambda = 0,87 \text{ W/m}^\circ\text{C} \rightarrow R_{T2} = 0,287 \text{ m}^\circ\text{C/W}$
- 3) Fabrica de un pie de ladrillo tosco resistente 25x12x7 (25cm): $\lambda = 0,76 \text{ W/m}^\circ\text{C} \rightarrow R_{T3} = 0,329 \text{ m}^\circ\text{C/W}$
- 4) Aislamiento termo-acústico P1-256-50 (50mm): lana de vidrio: $\lambda = 0,038 \text{ W/m}^\circ\text{C} \rightarrow R_{T4} = 1,315 \text{ m}^\circ\text{C/W}$
- 5) Trasdosado de tabique de ladrillo hueco sencillo 30x15x4 (4cm): $\lambda = 0,49 \text{ W/m}^\circ\text{C} \rightarrow R_{T5} = 0,0816 \text{ m}^\circ\text{C/W}$
- 6) Enlucido de yeso (2cm): $\lambda = 0,3 \text{ W/m}^\circ\text{C} \rightarrow R_{T6} = 0,066 \text{ m}^\circ\text{C/W}$

El circuito térmico será de esta forma:



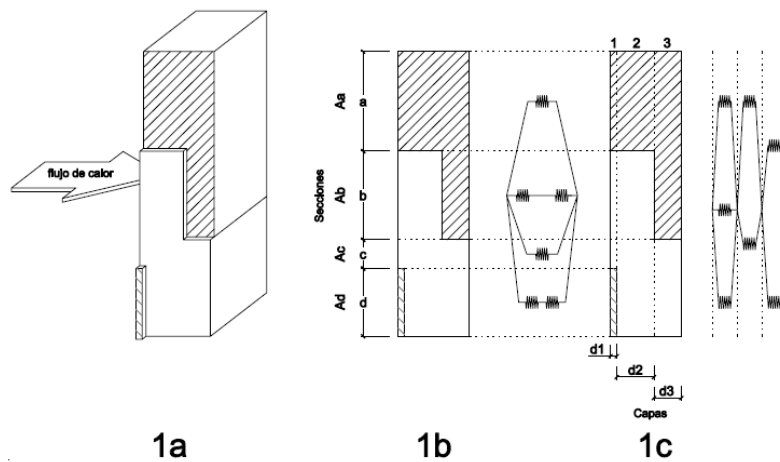
ilustracion 2.2: Circuito térmico P.baja

Los cálculos de resistencias térmicas se llevarán a cabo tal y como se contempla en la norma CTE-DB-HE de Ahorro de energía en el Apéndice E: Calculo de parámetros característicos de la demanda

El método de cálculo de las resistencias con materiales en paralelo de distinta transmitancia térmica se realizará como dispone la DB-HE de Ahorro Energético, por el cual divide en bandas el material, para calcular las resistencias límite superior e inferior. Las bandas horizontales serán para las resistencias del límite superior, y las bandas verticales para las resistencias del límite inferior. Una vez calculadas se hace una media entre ambas y esa será la resistencia térmica final del cerramiento.

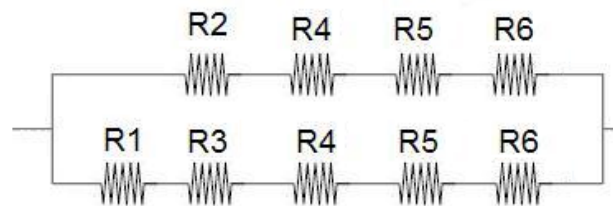
MEMORIA

Figura F.1



ilustracion 2.3: Metodo de calculo de resistencias equivalentes

Resistencia térmica de límite superior: R_T'



Circuito térmico de resistencia de Límite Superior

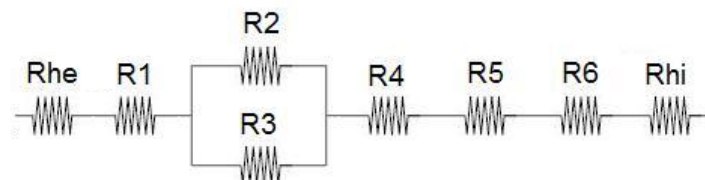
ilustracion 2.4: Circuito térmico de resistencia Limite Superior

$$\frac{1}{R_T'} = \frac{f_1}{\sum R_{Th1}} + \frac{f_2}{\sum R_{Th2}} = 1,7648 \text{ m}^2\text{C/W}$$

$$f_1 = 0,222$$

$$f_2 = 0,777$$

Resistencia térmica de límite inferior: R_T''



Circuito térmico de resistencia de Límite Inferior

ilustracion 2.5: Circuito térmico de resistencia limite inferior



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

Dividimos la estructura en particiones verticales a las que denominamos a,b.

$$\frac{1}{R'_a} = \frac{f_2}{\sum R_2} + \frac{f_3}{\sum R_3}$$

$$\frac{1}{R'_b} = \frac{f_1}{\sum R_1}$$

$$R''_T = \sum R'_i = R_{s_e} + R'_a + R'_b + R_4 + R_5 + R_6 + R_{s_i}$$

Finalmente: $R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} = 2,09 \text{ m}^2\text{C/W} \rightarrow U = \frac{1}{\sum R_T} = 0,4783 \text{ W/m}^2\text{C}$

Carga Térmica a través de los muros de la primera planta:

$$Q_{TT} = U \cdot A \cdot (T_{s_e} - T_{s_i})$$

Calculo de Áreas:

- Superficie de piedra de musgo: 24,2 m²
- Superficie de muro: 86,05 m²

La temperatura equivalente en verano (22 julio) en la superficie de los muros dependerá de la orientación de los mismos, siendo , atendiendo al “Manual de Climatización” de Pinazo Ojer:

Y realizando posteriormente la corrección para la temperatura equivalente calculada anteriormente: +2,4 °C

Para muros pesados (500kg/m²) y un color medio de la pared las temperaturas superficiales equivalentes en muros quedan de esta forma y se experimenta la siguiente carga térmica en W.

$$T_N = 29,2^\circ\text{C} \rightarrow Q_{Tn} = 60,94 \text{ W}$$

$$T_S = 30,7^\circ\text{C} \rightarrow Q_{Ts} = 106,07 \text{ W}$$

$$T_E = 32,8^\circ\text{C} \rightarrow Q_{Te} = 144,16 \text{ W}$$

$$T_O = 32,2^\circ\text{C} \rightarrow Q_{To} = 97,66 \text{ W}$$

Finalmente, las cargas térmicas producidas en verano e invierno:

Para verano: **$Q_{TT} = 408,83 \text{ W}$**

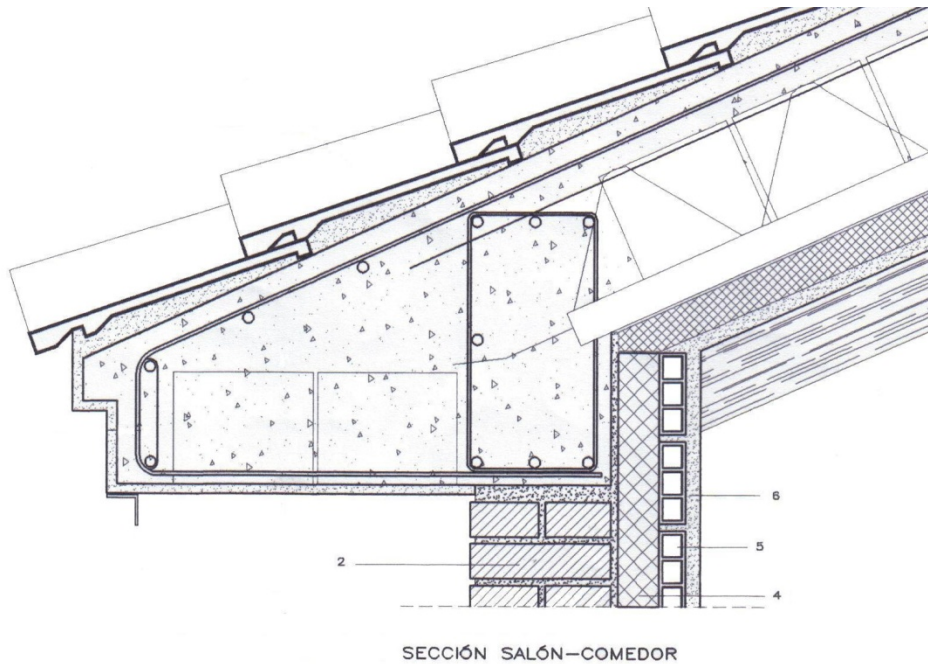
Para invierno la temperatura exterior se mantiene constante en la superficie de los muros, así pues se utilizara la temperatura seca exterior de referencia para este proyecto que ya hemos calculado en apartados anteriores.

Para invierno: **$Q_{TT} = -1362,79$**

2.4.2.2 Primera Planta:

La primera planta de la vivienda destaca por ser un muro compuesto por el mismo tipo de ladrillo visto utilizado para la planta baja. Este segundo muro también está dotado de un aislamiento termo-acústico y un tabique con posterior enlucido en yeso.

El muro a efectos de cálculo será considerado pesado (500kg/m^2), se tiene un color medio de la pared.



ilustracion 2.6: Composicion Muro Primera Planta

Detalle de la composición del muro, con su respectiva numeración:

- 2) Fabrica de un pie de ladrillo visto resistente $25 \times 12 \times 5$ (25cm): $\lambda = 0,87 \text{ W/m}^\circ\text{C} \rightarrow R_{T1} = 0,287 \text{ m}^\circ\text{C/W}$
- 4) Aislamiento termo-acústico P1-256-50 (50mm): lana de vidrio: $\lambda = 0,038 \text{ W/m}^\circ\text{C} \rightarrow R_{T2} = 1,315 \text{ m}^\circ\text{C/W}$
- 5) Trasdosado de tabique de ladrillo hueco sencillo $30 \times 15 \times 4$ (4cm): $\lambda = 0,49 \text{ W/m}^\circ\text{C} \rightarrow R_{T3} = 0,0816 \text{ m}^\circ\text{C/W}$
- 6) Enlucido de yeso (2cm): $\lambda = 0,3 \text{ W/m}^\circ\text{C} \rightarrow R_{T4} = 0,066 \text{ m}^\circ\text{C/W}$

El circuito térmico para el muro de la primera planta es el siguiente:



ilustracion 2.7: Circuito térmico Primera Planta

Cálculos:

$$U = \frac{1}{\sum R_T} = 0,5208 \text{ W/m}^2\text{C}$$

La temperatura equivalente en verano (22 julio) en la superficie de los muros dependerá de la orientación de los mismos, siendo , atendiendo al manual de Pinazo Ojer:

Para muros pesados (500kg/m^2) y un color medio de la pared:

$$T_N = 29,2^\circ\text{C} \rightarrow Q_{Tn} = 59,1 \text{ W}$$

$$T_S = 30,7^\circ\text{C} \rightarrow Q_{Ts} = 68,74 \text{ W}$$

$$T_E = 32,8^\circ\text{C} \rightarrow Q_{Te} = 47,43 \text{ W}$$

$$T_O = 32,2^\circ\text{C} \rightarrow Q_{To} = 48 \text{ W}$$

Finalmente, las cargas térmicas producidas en verano e invierno:

Para verano: $Q_{TT} = 223,27 \text{ W}$

Para invierno la temperatura exterior se mantiene constante en la superficie de los muros, sin importar su orientación, así pues se utilizara la temperatura seca exterior de referencia para este proyecto que ya hemos calculado en apartados anteriores.

Para invierno: $Q_{TT} = -804,28 \text{ W}$

2.4.2.3 Techo:

La cubierta de la vivienda destaca por ser un techo con un forjado de semiviguetas, también está dotado de un aislamiento termo-acústico y teja de hormigón.

El techo a efectos de cálculo será considerado pesado (500kg/m^2), se tiene un color oscuro de la cubierta.

Para el caso de la cubierta, las temperaturas equivalentes en la superficie están determinadas por una tabla distinta que la referente a los muros exteriores, la tabla a la que hacemos referencia es la siguiente:

22 de Julio

N 30°			E 30°			S 30°			O 30°			
O	H	C	O	H	C	O	H	C	O	H	C	
1	38.2	35.8	33.5	39.6	37.0	34.4	40.8	38.0	35.2	40.0	37.3	34.7
2	38.1	35.8	33.4	39.3	36.8	34.2	40.6	37.9	35.1	40.0	37.4	34.7
3	37.9	35.6	33.3	38.9	36.5	34.0	40.3	37.6	34.9	39.8	37.2	34.6
4	37.5	35.3	33.1	38.5	36.1	33.7	39.9	37.3	34.7	39.5	37.0	34.4
5	37.1	34.9	32.8	37.9	35.7	33.4	39.3	36.8	34.3	39.1	36.6	34.1
6	36.6	34.5	32.4	37.3	35.1	32.9	38.7	36.3	33.9	38.5	36.1	33.7
7	36.0	34.0	32.0	36.7	34.6	32.5	38.1	35.7	33.4	37.9	35.6	33.3
8	35.4	33.5	31.6	36.0	34.0	32.0	37.4	35.1	32.9	37.2	35.0	32.8
9	34.8	32.9	31.1	35.4	33.4	31.5	36.6	34.5	32.4	36.5	34.4	32.3
10	34.2	32.4	30.7	34.8	32.9	31.1	35.9	33.9	31.8	35.8	33.8	31.8
11	33.7	32.0	30.3	34.3	32.5	30.7	35.3	33.3	31.4	35.2	33.2	31.3
12	33.3	31.6	30.0	34.0	32.2	30.4	34.8	32.9	31.0	34.6	32.7	30.8
13	33.0	31.4	29.8	34.0	32.2	30.4	34.5	32.6	30.7	34.1	32.3	30.5
14	33.0	31.4	29.7	34.2	32.3	30.5	34.4	32.5	30.6	33.9	32.1	30.3
15	33.2	31.5	29.8	34.6	32.7	30.7	34.6	32.7	30.8	33.8	32.0	30.2
16	33.5	31.8	30.0	35.3	33.2	31.2	35.1	33.1	31.1	34.0	32.1	30.3
17	34.1	32.2	30.4	36.0	33.9	31.7	35.8	33.7	31.5	34.4	32.5	30.6
18	34.7	32.7	30.8	36.9	34.6	32.2	36.7	34.4	32.1	35.0	33.0	31.0
19	35.4	33.3	31.3	37.7	35.3	32.8	37.6	35.2	32.8	35.9	33.7	31.6
20	36.1	34.0	31.8	38.4	35.9	33.3	38.5	36.0	33.4	36.8	34.5	32.3
21	36.8	34.6	32.3	39.0	36.4	33.8	39.4	36.7	34.0	37.7	35.3	32.9
22	37.4	35.1	32.8	39.4	36.7	34.1	40.0	37.3	34.5	38.6	36.1	33.6
23	37.8	35.5	33.1	39.6	37.0	34.3	40.5	37.7	34.9	39.3	36.7	34.1
24	38.1	35.7	33.4	39.7	37.0	34.4	40.8	37.9	35.1	39.8	37.1	34.5

Tabla 2.6: Temperaturas exteriores equivalentes en cubiertas (fuente: “Manual de climatización” Pinazo Ojer”)

Determinamos las resistencias superficiales para la cubierta, ya que al ser un muro, horizontal, o casi horizontal, el flujo de calor se comporta distinto que en los muros verticales, los valores para estas resistencias son los siguientes:

Para verano: se experimentará un flujo de calor vertical hacia abajo, dando unas resistencias superficiales

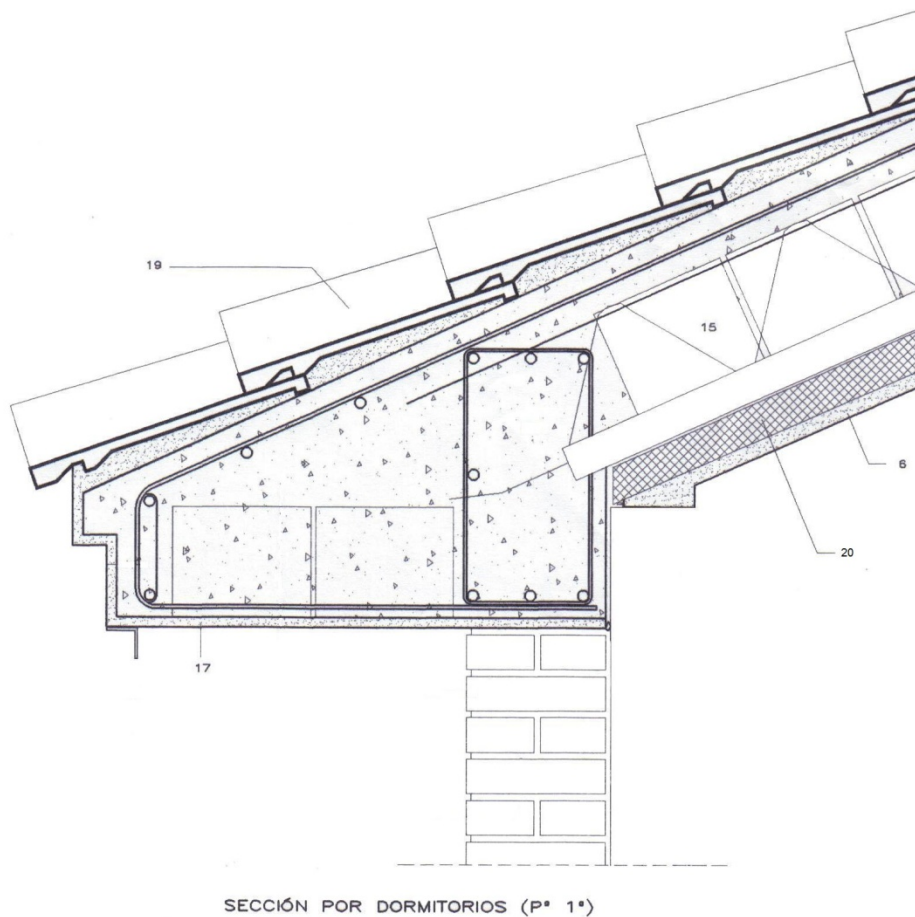
$$R_{he} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{hi} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Para invierno: el flujo de calor experimentado es en este caso vertical y hacia arriba

$$R_{he} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{hi} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$$



ilustracion 2.8: Composicion Cubierta

Detalle de la composición de la cubierta, con su respectiva numeración:

- 19)Teja de hormigón (teja arcadia masa Uralita) (3cm): $\lambda = 1,2 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ ($1,4 \text{ W/mK}$) $\rightarrow R_{T1} = 0,0214 \text{ m}^\circ\text{C/W}$
- 17)Mortero de cemento (4cm): $\lambda = 1,4 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ $\rightarrow R_{T2} = 0,02857 \text{ m}^\circ\text{C/W}$
- 15)Forjado de semiviguetas (20+4) (24cm): $R_{T3} = 0,3 \text{ m}^\circ\text{C/W}$
Interejes 0,7
Hormigón: H.200
Mallazo: 15.15.4
- 20)Aislamiento termo-acústico en techos inclinados: Styrodur-2800S-40, 4cm: $\lambda = 0,034 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ $\rightarrow R_{T4} = 1,25 \text{ m}^\circ\text{C/W}$
- 6)Enlucido de yeso (2cm): $\lambda = 0,3 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ $\rightarrow R_{T5} = 0,066 \text{ m}^\circ\text{C/W}$

El circuito térmico que define a la cubierta de la vivienda es el siguiente:



ilustracion 2.9: Circuito térmico de Cubierta

Cálculos: Para Verano: $U_{T,ver} = \frac{1}{\sum R_T} = 0,537 \text{ W/m}^2\text{C}$

Para invierno: $U_{T,inv} = \frac{1}{\sum R_T} = 0,553 \text{ W/m}^2\text{C}$

La temperatura equivalente en verano (22 julio) en la superficie de los muros dependerá de la orientación de los mismos, siendo , atendiendo al manual de Pinazo Ojer:

Para techos normales pesados (500kg/m²) y un color oscuro de la teja:

CORRECCION DE LA TEMPERATURA EQUIVALENTE en el exterior para techos en verano:

$$T_{seq\ corregida} = T_{seq\ standard} + T_{seq\ loc} + \Delta T_{seq\ mes} + \Delta T_{seq\ hora} + \Delta T_{seq\ alt} + \Delta T_{seq\ ref}$$

$$T_{seq\ corregida} = T_{seq\ standard} + 2,4^{\circ}\text{C}$$

$T_N = 35,6^{\circ}\text{C} \rightarrow Q_{Tn} = 218,52 \text{ W}$

$T_S = 37^{\circ}\text{C} \rightarrow Q_{Ts} = 478,47 \text{ W}$

$T_E = 37^{\circ}\text{C} \rightarrow Q_{Te} = 207,15 \text{ W}$

$T_O = 36,2^{\circ}\text{C} \rightarrow Q_{To} = 156,54 \text{ W}$

El área total del techo es de : 157,2m²

Finalmente, las cargas térmicas producidas en verano e invierno:

Para verano: $Q_{TT} = 1060,69 \text{ W}$

Para invierno la temperatura exterior se mantiene constante en la superficie de los muros, sin importar su orientación, así pues se utilizara la temperatura seca exterior de referencia para este proyecto que ya hemos calculado en apartados anteriores.

Para invierno: $Q_{TT} = -2121,13 \text{ W}$



2.4.2.4 Cerramiento del suelo de la vivienda

La vivienda tiene la particularidad de estar asentada sobre un local no climatizado, por lo que este local a efectos de cálculo no entra dentro de la superficie a tener en cuenta como climatizable, así que el método para hallar la transmitancia térmica global para el suelo de la vivienda difiere del método que hemos venido utilizando hasta ahora.

El método consistirá en calcular la transmitancia del suelo de la vivienda y multiplicarla por un factor que llamaremos “b”, englobará el efecto aislante que tiene estar situada encima de un local no climatizado pero para ello deberemos analizar primeramente los cerramientos del local no habitable, es decir sus muros y la solera de la vivienda que esta si estará en contacto directo con el terreno.

Las siguientes temperaturas serán las que se utilicen en los cálculos.

$$T_{\text{Local}} = 24^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ext}} = -3,4^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{terreno}} = 6^{\circ}\text{C}$$

2.4.2.4.1 Muro del sótano:

El muro del sótano de la vivienda destaca por ser un muro compuesto por un forjado de semiviguetas de hormigón. Este muro también está dotado de un aislamiento termo-acústico y un tabique con posterior enlucido en yeso.

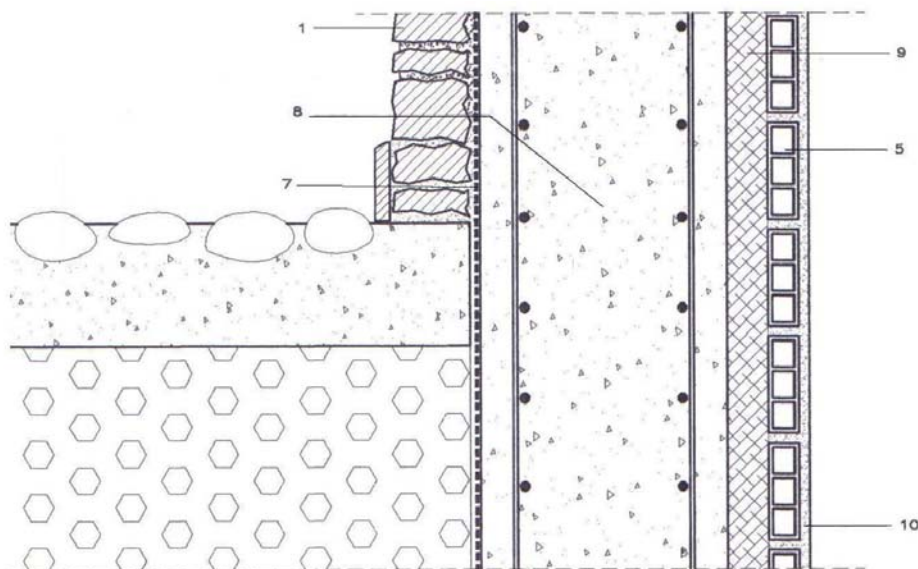
El muro a efectos de cálculo será considerado pesado (500kg/m^2), se tiene un color medio de la pared.

Como característica especial para este cerramiento, se ha de tener en cuenta en los cálculos que parte del muro estará enterrado y parte dará al exterior. La parte enterrada tendrá unas resistencias superficiales despreciables y sus temperaturas serán las del suelo en esta zona climática.

Resistencias térmicas superficiales para el exterior son las siguientes:

$$R_{\text{he}} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{hi}} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

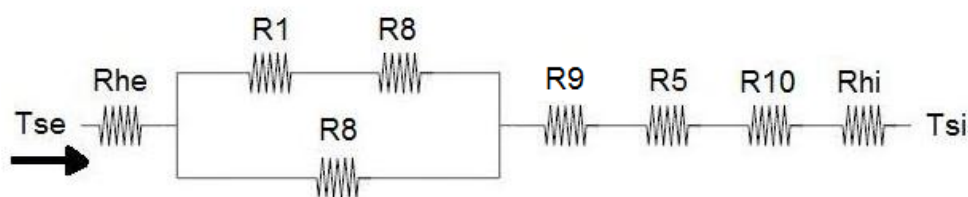


ilustracion 2.10: Composicion Muro Sótano

Detalle de la composición del muro del sótano de la vivienda:

- 1)Chapado en piedra de musgo(10cm): $\lambda = 3,5 \text{ W/m}^\circ\text{C} \rightarrow R_{T1} = 0,0285 \text{ m}^\circ\text{C/W}$
- 7)Impermeabilización exterior del muro
- 8)Muro de hormigo armado(30cm): $\lambda = 1,63 \text{ W/m}^\circ\text{C} \rightarrow R_{T3} = 0,184 \text{ m}^\circ\text{C/W}$
- 9)Aislamiento térmico “Porexpan” (4cm): $\lambda = 0,04 \text{ W/m}^\circ\text{C} \rightarrow R_{T4} = 1 \text{ m}^\circ\text{C/W}$
- 5)Trasdosado de tabique de ladrillo hueco sencillo 30x15x4 (4cm): $\lambda = 0,49 \text{ W/m}^\circ\text{C} \rightarrow R_{T5} = 0,0816 \text{ m}^\circ\text{C/W}$
- 10)Mortero de cemento para pintar (2cm): $\lambda = 1,4 \text{ W/m}^\circ\text{C} \rightarrow R_{T6} = 0,0143 \text{ m}^\circ\text{C/W}$

El circuito térmico que define a este muro es el siguiente:



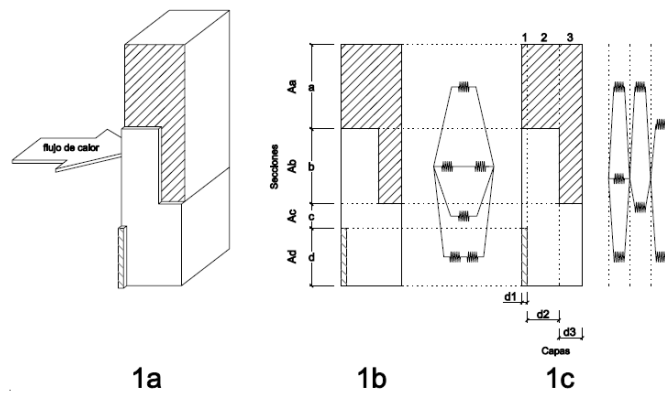
Circuito térmico para los muros del Garaje

ilustracion 2.11: Circuito térmico Sótano

Cálculos:

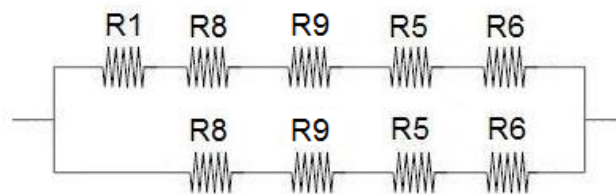
Los cálculos de resistencias térmicas se llevarán a cabo tal y como se contempla en la norma CTE-DB-HE de Ahorro de energía en el Apéndice E: Calculo de parámetros característicos de la demanda

Figura F.1



ilustracion 2.12: Circuito térmico Sótano

Resistencia térmica de límite superior: R_T'



Circuito térmico de resistencia de Límite Superior

ilustracion 2.13: Circuito térmico de resistencia límite superior, Sótano

$$\frac{1}{R_T'} = \frac{f_1}{\sum R_{Tn_1}} + \frac{f_2}{\sum R_{Tn_2}} = 1,2842 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$$f_1=0,108$$

$$f_2=0,891$$

Resistencia térmica de límite inferior: R_T''



Circuito térmico de resistencia de Limite Inferior

ilustracion 2.14: Circuito térmico, resistencia Límite inferior, Sotano

Dividimos la estructura en particiones verticales a las que denominamos a,b.

$$\frac{1}{R'_a} = \frac{f_1}{\sum R_1} = \frac{0,108}{0,0285} = 0,2638$$

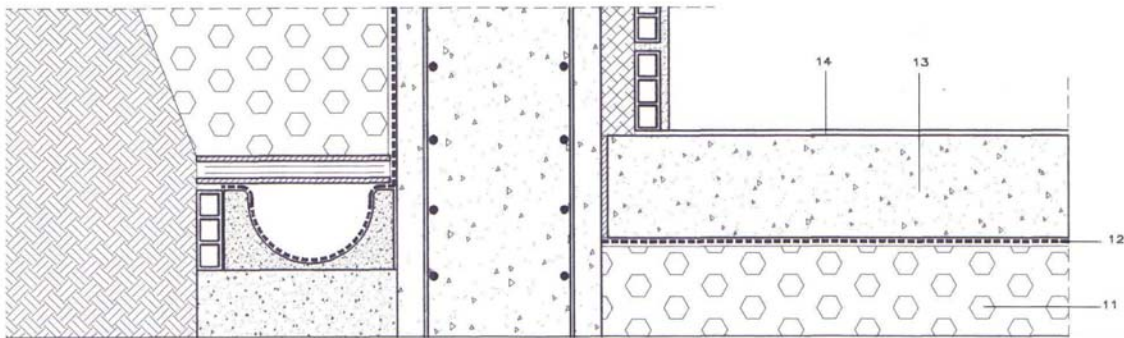
$$R'_T = \sum R'_i = R_{s_e} + R'_a + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_{s_i} = 1,7137$$

Finalmente: $R_T = R_m = \frac{R'_T + R''_T}{2} = 1,478 \text{ m}^2\text{C/W} \rightarrow U = \frac{1}{R_T} = 0,6766 \text{ W/m}^2\text{C}$

2.4.2.4.2 Solera garaje:

La solera de la vivienda está compuesta por hormigón y protegida mediante una lamina impermeable.

Como característica especial para este cerramiento, se ha de tener en cuenta en los cálculos que parte del muro estará enterrado y parte dará al exterior. La parte enterrada tendrá unas resistencias superficiales despreciables y sus temperaturas serán las del suelo en esta zona climática.

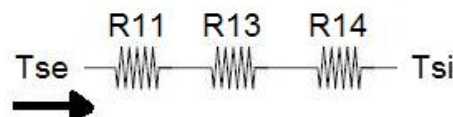


ilustracion 2.15: Composicion Solera

La composición de la solera de la vivienda es la siguiente:

- 11) Encancho de grava (15cm) : $\lambda = 0,81 \text{ W/m}^2\text{C} \rightarrow R_{T1} = 0,1852 \text{ m}^2\text{C/W}$
- 12) Lamina impermeable
- 13) Solera de hormigón armado (15cm): $\lambda = 1,63 \text{ W/m}^2\text{C} \rightarrow R_{T3} = 0,092 \text{ m}^2\text{C/W}$
- 14) Acabado pulido y coloreado de solera de garaje.

La solera viene definida por el siguiente circuito térmico:



Circuito térmico para la solera de la vivienda

ilustracion 2.16: Circuito térmico Solera

Cálculos:

Hay que hacer notar que al ser un muro enterrado, las resistencias superficiales serán despreciables en los cálculos

$$R_T = R_f = \sum R_{Ti} = 0,277 \text{ mK/W}$$

$$U = \frac{1}{\sum R_T} = 3,6 \text{ W/m}^2\text{C}$$

2.4.2.4.3 Solera de la planta baja:

La solera de la planta baja está construida sobre un local no habitable que no está climatizado por lo que le confiere cierto grado de aislamiento del exterior, esto lo representaremos mediante un coeficiente “b” en los cálculos de su transmitancia térmica.

La superficie de la solera de la vivienda es de 104,1 m². Y al ser un cerramiento que no da con el exterior, entra dentro de lo que se llama particiones interiores que tienen los siguientes valores de resistencias térmicas superficiales:

Tabla E.6 Resistencias térmicas superficiales de *particiones interiores* en m²K/W

Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor	R _{se}	R _{si}
Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal	0,13	0,13
Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente	0,10	0,10
Particiones interiores horizontales y flujo descendente	0,17	0,17

Tabla 2.7: Resistencias térmica superficiales de particiones interiores (fuente: DB-HE)

Según las estaciones del año, el flujo de calor a través de la solera será ascendente o descendente por lo que tendremos los siguientes valores:

Para verano:

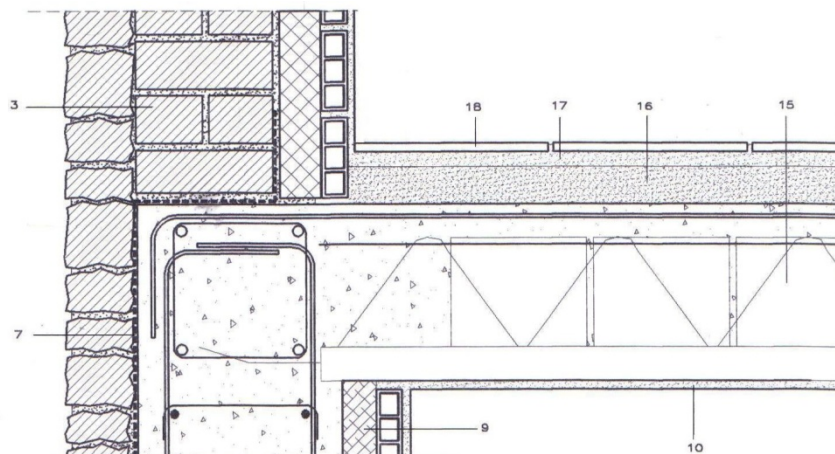
$$R_{he} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{hi} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Para invierno:

$$R_{he} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{hi} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$



ilustracion 2.17: Composicion Solera de planta baja

La composición de la solera de la planta baja es la siguiente:

- 10)Enfoscado maestrado de mortero de cemento para pintar (2cm): $\lambda = 1,4 \text{ W/m}^\circ\text{C}$
 $\rightarrow R_{T1} = 0,0142 \text{ m}^\circ\text{C/W}$
- 15)Forjado de semiviguetas (20+4) : $R_{T2} = 0,3 \text{ m}^\circ\text{C/W}$
- 16)Cama de arena de rio (5cm): $\lambda = 0,81 \text{ W/m}^\circ\text{C} \rightarrow R_{T3} = 0,0617 \text{ m}^\circ\text{C/W}$
- 17)Mortero de agarre (2cm): $\lambda = 1,4 \text{ W/m}^\circ\text{C} \rightarrow R_{T4} = 0,0142 \text{ m}^\circ\text{C/W}$
- 18)Solado de baldosa de gres (1cm): $\lambda = 1,4 \text{ W/m}^\circ\text{C} \rightarrow R_{T4} = 0,0115 \text{ m}^\circ\text{C/W}$

Este es el circuito térmico para la solera:



ilustracion 2.18: Circuito térmico Solera de la planta baja

Cálculos:

$$U_{p\text{ ver}} = \frac{1}{\sum R_T} = 1,66 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$U_{\text{verano}} = U_{p\text{ ver}} * b_{\text{ver}}$$

$$U_{p\text{ tnu}} = \frac{1}{\sum R_T} = 1,35 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

$$U_{\text{interno}} = U_{p\text{ tnu}} * b_{\text{tnu}}$$



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

Método de averiguación del coeficiente b : particiones interiores en contacto con espacios no habitables

Seguimos los cálculos como detalla la BHE en el apartado E.1.3.1 Particiones interiores (excepto suelos en contacto con cámaras sanitarias)

La transmitancia térmica se expresa como: $U=U_p*b$

Siendo U_p la transmitancia térmica de la partición interior en contacto con el espacio habitable, calculada según el apartado E.1.1 de la DB HE, y tomando como resistencias superficiales los valores de la siguiente tabla

Se seguirá el método de cálculo del coeficiente de reducción de temperatura, b , según el punto 5 del manual. Este establece la siguiente fórmula:

$$b = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}}$$

H_{ue} : el coeficiente de pérdida del espacio no habitable hacia el exterior [W/m]

H_{iu} : el coeficiente de pérdida del espacio habitable hacia el espacio no habitable [W/m]

Siendo estos a su vez:

$$H_{ue} = \sum U_{ue} A_{ue} + 0,34 Q_{ue}$$

$$H_{iu} = \sum U_{iu} A_{iu} + 0,34 Q_{iu}$$

U_{ue} : transmitancia térmica del cerramiento del espacio no habitable en contacto con el ambiente exterior.

U_{iu} : transmitancia térmica del cerramiento del espacio habitable en contacto con el no habitable. (habrá una para invierno y otra distinta para verano)

A_{ue} : área del cerramiento del espacio no habitable en contacto con el ambiente exterior

A_{iu} : área del cerramiento del espacio habitable en contacto con el no habitable.

Q_{ue} : caudal de aire entre el exterior y el espacio no habitable [m³/h]

Q_{iu} : caudal de aire entre el espacio no habitable y el espacio habitable [m³/h]

Cálculo de los distintos elementos de la ecuación:

Por el cálculo de áreas llevado a cabo en capítulos anteriores:

Áreas:

$A_1 = 116,4 \text{ m}^2$ (área del muro del sótano)

$A_2 = A_{iu} = 124,7 \text{ m}^2$ (área de la solera del sótano)

$A_3 = 104,1 \text{ m}^2$ (área habitable del sótano)

$A_{ue} = A_1 + A_2 = 241,1 \text{ m}^2$

Perímetro = $P = 35,65 \text{ m}$

Altura = $2,55 \text{ m}$

Las transmitancias para el caso de verano, serán:

$$U_{iu} = U_{pver} = 1,66 \text{ W/m}^2\text{K}$$

U_{ue} :

Se han de combinar dos métodos de resolución, para muros en contacto con el exterior y para aquellos que estén en contacto con el terreno:

- Transmitancia de la Solera en contacto con el terreno, U'_s : apartado E.1.2.1 de la DB-HE.

Caso 2: solera enterrada, $z=1,7\text{m}$

$$R_f = 0,277 \text{ mK/W}$$

$$B^t = \frac{A_{iu}}{R_f} = 6,997 \approx 7$$

Con estos tres datos: entramos en la tabla E.4 e interpolando obtenemos un valor de la transmitancia por la solera: $U'_s = 0,4468 \text{ W/m}^2\text{K}$

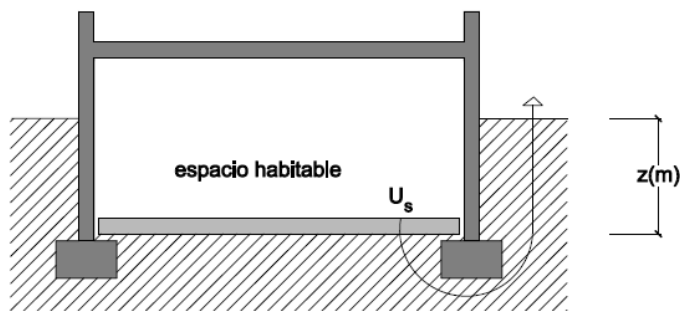


Figura E.2. Solera enterrada

ilustracion 2.19: Transmitancia en solera enterrada (fuente: DB-HE)

Tabla E.4 Transmitancia térmica U_s en $\text{W/m}^2\text{K}$

B'	0.5 m < z ≤ 1.0 m				1.0 m < z ≤ 2.0 m				2.0 m < z ≤ 3.0 m				z > 3.0 m			
	Rf (m² K/W)				Rf (m² K/W)				Rf (m² K/W)				Rf (m² K/W)			
	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50	0,00	0,50	1,00	1,50
5	0,64	0,52	0,44	0,39	0,54	0,45	0,40	0,36	0,42	0,37	0,34	0,31	0,35	0,32	0,29	0,27
6	0,57	0,46	0,40	0,35	0,48	0,41	0,36	0,33	0,38	0,34	0,31	0,28	0,32	0,29	0,27	0,25
7	0,52	0,42	0,37	0,33	0,44	0,38	0,33	0,30	0,35	0,31	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,24
8	0,47	0,39	0,34	0,30	0,40	0,35	0,31	0,28	0,33	0,29	0,27	0,25	0,28	0,26	0,24	0,22
9	0,43	0,36	0,32	0,28	0,37	0,32	0,29	0,26	0,30	0,27	0,25	0,23	0,26	0,24	0,22	0,21
10	0,40	0,34	0,30	0,27	0,35	0,30	0,27	0,25	0,29	0,26	0,24	0,22	0,25	0,23	0,21	0,20
12	0,36	0,30	0,27	0,24	0,31	0,27	0,24	0,22	0,26	0,23	0,21	0,20	0,22	0,21	0,19	0,18
14	0,32	0,27	0,24	0,22	0,28	0,25	0,22	0,20	0,23	0,21	0,20	0,18	0,20	0,19	0,18	0,17
16	0,29	0,25	0,22	0,20	0,25	0,23	0,20	0,19	0,21	0,20	0,18	0,17	0,19	0,17	0,16	0,16
18	0,26	0,23	0,20	0,19	0,23	0,21	0,19	0,18	0,20	0,18	0,17	0,16	0,17	0,16	0,15	0,15
≥20	0,24	0,21	0,19	0,17	0,22	0,19	0,18	0,16	0,18	0,17	0,16	0,15	0,16	0,15	0,14	0,14

Tabla 2.8: Transmitancia térmica en soleras enterradas (fuente: DB-HE)

- Transmitancia a través de los muros en contacto con el terreno, U_T : apartado E.1.2.2 de la BHE

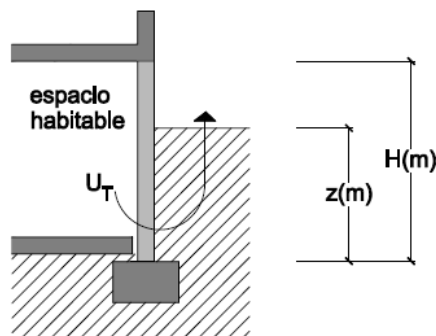


Figura E.3 Muro en contacto con el terreno

ilustracion 2.20: Muros en contacto con el terreno (fuente:DB-HE)

$$z = 1,7\text{m}$$

$$R_m = 1,478 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Tabla E.5 Transmitancia térmica de muros enterrados U_T en $\text{W/m}^2 \text{K}$

$R_m \text{ (m}^2 \text{ K/W)}$	Profundidad z de la parte enterrada del muro (m)					
	0,5	1	2	3	4	≥ 6
0,00	3,05	2,20	1,48	1,15	0,95	0,71
0,50	1,17	0,99	0,77	0,64	0,55	0,44
1,00	0,74	0,65	0,54	0,47	0,42	0,34
1,50	0,54	0,49	0,42	0,37	0,34	0,28
2,00	0,42	0,39	0,35	0,31	0,28	0,24

Tabla 2.9: transmitancia en muros enterrados (fuente: DB-HE)

➔ Mediante interpolación doble obtenemos: $U_T = 0,447 \text{ W/mK}$

Habiendo calculado los dos tipos de transmitancia, las componemos en paralelo y hallamos la transmitancia térmica del cerramiento del espacio no habitable en contacto con el ambiente exterior:

$$\frac{1}{U_{ue}} = \frac{1}{U_g} + \frac{1}{U_T} \Rightarrow U_{ue} = 0,213 \text{ W/mK}$$

Caudales de renovación de aire:

Q_{ue} :

Escogemos un nivel de estanqueidad 5 ya que está muy ventilado y con numerosas juntas permanentes como es la puerta del garaje.

Nivel de estanqueidad		h^{-1}
1	Ni puertas, ni ventanas, ni aberturas de ventilación	0
2	Todos los componentes sellados, sin aberturas de ventilación	0,5
3	Todos los componentes bien sellados, pequeñas aberturas de ventilación	1
4	Poco estanco, a causa de juntas abiertas o presencia de aberturas de ventilación permanentes	5
5	Poco estanco, con numerosas juntas abiertas o aberturas de ventilación permanentes grandes o numerosas	10

Tabla 2.10: Nivel de estanqueidad (fuente: DB-HE)

Así pues: $Q_{ue} = 10h^{-1} A_3h = 2654,55 \text{ m}^3/h$

Q_{iu} : (ver apartado de Ventilación)

$$Q_{iu} = 238,97 \text{ m}^3/h$$

Finalmente: $H_{ue} = \sum U_{ue} A_{ue} + 0,34 Q_{ue} = 953,83 \frac{\text{m}^3}{h}$

$$H_{iu} = \sum U_{iu} A_{iu} + 0,34 Q_{iu} = 288,5 \frac{\text{m}^3}{h}$$

Y por ultimo operando en b: $b_{ver} = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} = 0,767$

Haremos los mismos cálculos para averiguar la b_{inv} solo que la transmitancia del suelo de la planta baja será en este caso : $U_{iu} = U_{pinv} = 1,35 \text{ W/m}^2\text{K}$

Así pues: $H_{ue} = \sum U_{ue} A_{ue} + 0,34 Q_{ue} = 953,83 \frac{\text{m}^3}{h}$

$$H_{iu} = \sum U_{iu} A_{iu} + 0,34 Q_{iu} = 249,59 \frac{\text{m}^3}{h}$$

$$b_{inv} = \frac{H_{ue}}{H_{iu} + H_{ue}} = 0,792$$

$$U_{pver} = \frac{1}{\sum R_T} = 1,66 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$$U_{verano} = U_{pver} * b_{ver} = 1,276 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$$U_{pinv} = \frac{1}{\sum R_T} = 1,35 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$$U_{invierno} = U_{pinv} * b_{inv} = 1,07 \text{ W/m}^2\text{C}$$

Finalmente: Para verano:

$$Q_{TTver} = U_{verano} * A * (T_{Lno calefactado} - T_{Local}) = 637,59 \text{ W}$$

$$T_{Lno calefactado} = \frac{T_e + T_L}{2} = \frac{33,7 + 24}{2} = 28,85^\circ\text{C}$$

Para invierno:

$$Q_{TTinv} = U_{invierno} * A * (T_{Lno calefactado} - T_{Local}) = -1097,15 \text{ W}$$

$$T_{Lno calefactado} = \frac{T_e + T_L}{2} = \frac{1,3 + 21}{2} = 11,15^\circ\text{C}$$

Tomamos la temperatura exterior en invierno como un compromiso entre la temperatura seca exterior, y la temperatura del terreno ya que nuestro suelo está parcialmente enterrado.

Tenemos pues: $T_e = \frac{T_{ext} + T_{terreno}}{2} = 1,3^\circ\text{C}$

2.4.2.5 Puertas de la vivienda:

La vivienda consta de dos puertas , una principal y otra trasera , de la misma composición. Se trata de una puerta blindada de madera.



ilustracion 2.21: Circuito termico para las puertas

El fabricante nos ha proporcionado la información de la transmitancia de la puerta blindada, resultando ser:

$$U_{puerta} = 1,97 \text{ W/m}^2\text{C}$$

El área cubierta por las puertas de la vivienda: $A_{puerta} = 1,91 \text{ m}^2$

Tal y como se resume en el punto E.1.4 de la norma BD-HE, los huecos por ventanas o puertas se analizarán conjuntamente para el marco y la parte semitransparente, de tal forma que:

$$U_{puerta} = (1 - FM)U_{H.s} + FM U_{H.m}$$

Pero como se dice en el apartado 3.2.1.3 Cerramientos y particiones interiores objeto de la opción, del documento BD-HE ;

No se incluirán en la consideración anterior las puertas cuyo porcentaje de superficie semitransparente sea inferior al 50 %. Por lo que estudiaremos la puerta como un cerramiento más no como un hueco con superficie semitransparente.

Con estos datos , hallamos la carga térmica por convección a través de las puerta en verano e invierno:

Verano: $Q_{TT} = 36,49 \text{ W}$

Invierno: $Q_{TT} = -91,8 \text{ W}$

En este punto damos por finalizado los cálculos de cargas térmicas por transmisión en los cerramientos de la vivienda, las tablas con los cálculos las podemos encontrar el Anexo II.

2.4.2.6 Cálculo de cargas por Ventilación:

Se consideraran para los cálculos, que la vivienda tendrá una ocupación de 6 personas durante todo el año.

Los cálculos del caudal volumétrico de ventilación se realizaran según la legislación española que se contempla en el manual de climatización de Pinazo Ojer.

Según los datos que se faciliten para el local (numero de personas, superficie) se utilizará una formula u otra:

Para una determinada superficie:

Para un numero de personas:

$$V_{e\ min} = np\ V_{min,m^2}$$

$$V_{e\ min} = np\ V_{min,p}$$

$$V_{e\ max} = np\ V_{max,m^2}$$

$$V_{e\ max} = np\ V_{max,p}$$

Si se facilitan ambos datos:

$$V_{e\ min} = \max(np\ V_{min,p}; SV_{min,m^2})$$

$$V_{e\ max} = \min(np\ V_{max,p}; SV_{max,m^2})$$

$$V_{e\ min} < V_e < V_{e\ max}$$

TIPO DE LOCAL	REQUERIMIENTO DE AIRE (l/s)			
	Por persona		Por m ² de sup.	
	mín.	máx.	mín.	máx.
1. Locales de viviendas				
1.1 Locales vivideros	2,5	4,0	0,4	-
1.2 Aseos, cuartos baño, uso intermitente	-	-	2,0	3,5
1.3 Cocinas, uso intermitente	-	-	0,8	1,5

Tabla 2.11: Requerimientos de aire (fuente: “Manual de climatización” de Pinazo Ojer)

Locales vivideros: 6 personas / 132,77 m²

$$V_{e\ min} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 54 \text{ m}^3/\text{h} \quad V_{e\ min} = 53,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 191,19 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{e\ max} = 24 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 86,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$53,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} < V_e < \text{---}$$

Aseos: 8,5 m²

$$V_{e\ min} = 17 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 61,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{e\ max} = 29,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 107,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

Cocina: 12,2 m²

$$V_{e\ min} = 9,76 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 35,14 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{e\ min} = 18,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 65,88 \text{ m}^3/\text{h}$$



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

Se elige pues un requerimiento de aire de 0,5 l/s por cada m² lo que hace finalmente un caudal de ventilación de:

$$V_e = 132,77 \text{ m}^2 \cdot 0,5 \frac{\text{l}}{\text{s}} \text{ m}^2 = 66,38 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 238,97 \text{ m}^3/\text{h}$$

Una vez calculado el caudal volumétrico de ventilación se calcula la carga sensible y latente debida a dicha ventilación .

Mediante las formulas:

$$Q_{lat} = V \cdot \rho \cdot h_{fg}(w_e - w_t) = V_{ev}(w_e - w_t) \frac{(C_f + C_{pv}T_{se})}{V_{se}} \cong 3002400 V_{ev}(w_e - w_t)$$

$$Q_{sen} = V \cdot \rho \cdot h_{fg}(T_e - T_t) = V_{ev}(T_e - T_t) \frac{(C_{pas} + w_e C_{pv})}{V_{se}} \cong 1200 V_{ev}(T_{se} - T_{sL})$$

Aclaración a los elementos de las formulas:

Ve: volumen específico aire (≈0,833 m³/Kg)

Cpas: calor específico aire seco (1kJ/Kg°C)

Cpv: calor específico vapor de agua (1,805 kJ/Kg°C)

V: caudal volumétrico de aire (m³/s o m³/h)

h: entalpia aire (kJ/kg a.s o Kcal/kg a.s)

W: humedad específica (kg/kg a.s)

T: temperatura (°C)

Cf: calor de cambio de fase vapor.agua liquida (2501kJ/kg o 597 kcal/kg)

ρ: densidad del aire (kg/m³)

Subíndices:

sen: sensible

lat: latente

T: total

a:aire

ev: exterior de ventilación

e: exterior

se: seca exterior

sL: seca local

L: local

fg: cambio de fase

Así pues, las cargas térmicas por ventilación son las siguientes:

Verano:

$$Q_{lat} = -288,98 \text{ W}$$

$$Q_{sen} = 772,66 \text{ W}$$

$$Q_T = Q_{sen} + Q_{lat} = 483,68 \text{ W}$$

Invierno:

$$Q_{\text{lat}} = -699,54 \text{ W}$$

$$Q_{\text{lat}} = -1943,6 \text{ W}$$

$$Q_r = Q_{\text{sen}} + Q_{\text{lat}} = -2643,14 \text{ W}$$

Los resultados de cargas por ventilación los encontramos resumidos en las siguientes tablas:

Invierno	hint [KJ/Kg]	hext [KJ/Kg]	Wint [Kg/Kg a.s]	Wext [Kg/Kg a.s]	Tsi [°C]	Tse [°C]	H [%]	Ve [m3/s]	Qvent lat [W]	Qvent sen [W]	Qvent Tot[W]
Enero	35,7	2,3	0,00579	0,00228	21	-3,4	75	0,06638	-699,5405851	-1943,6064	-2643,146985
Febrero	35,7	9,18	0,00579	0,00307	21	1,5	68	0,06638	-542,0941286	-1553,292	-2095,386129
Marzo	35,7	10,73	0,00579	0,003	21	3,2	59	0,06638	-556,0450805	-1417,8768	-1973,92188
Abril	35,7	14,06	0,00579	0,00345	21	5,4	58	0,06638	-466,3603901	-1242,6336	-1708,99399
Mayo	35,7	19	0,00579	0,00353	21	8,8	56	0,06638	-450,4164451	-971,8032	-1422,219645
Octubre	35,7	20,1	0,00579	0,00465	21	8,3	64	0,06638	-227,2012157	-1011,6312	-1238,832416
Noviembre	35,7	13,54	0,00579	0,00388	21	3,8	73	0,06638	-380,6616859	-1370,0832	-1750,744886
Diciembre	35,7	10,69	0,00579	0,00355	21	1,8	77	0,06638	-446,4304589	-1529,3952	-1975,825659

Tabla 2.12: Cargas por Ventilacion en Invierno

Verano	hint [KJ/Kg]	hext [KJ/Kg]	Wint [Kg/Kg a.s]	Wext [Kg/Kg a.s]	Tsi [°C]	Tse [°C]	H [%]	Ve [m3/s]	Qvent lat [W]	Qvent sen [W]	Qvent Tot[W]
Mayo	52,02	47,97	0,01101	0,0101	24	22,3	56	0,06638	-181,3623739	-135,4152	-316,7775739
Junio	52,02	59,03	0,01101	0,01208	24	28,2	47	0,06638	213,2502638	334,5552	547,8054638
Julio	52,02	58,2	0,01101	0,00956	24	33,7	27,3	0,06638	-288,9840024	772,6632	483,6791976
Agosto	52,02	66,79	0,01101	0,01344	24	32,4	41	0,06638	484,2973282	669,1104	1153,407728
Septiembre	52,02	59,92	0,01101	0,01267	24	27,6	51	0,06638	330,8368579	286,7616	617,5984579
Octubre	52,02	47,02	0,01101	0,01041	24	20,6	64	0,06638	-119,5795872	-270,8304	-390,4099872

Tabla 2.13: Cargas por Ventilacion en Verano

2.4.2.7 Calculo de cargas por Infiltración:

Para calcularlas se utilizará la formula total de la expresión que figura en el Manual de climatización de Pinazo Ojer:

$$Q_{\text{sen}} = 1200V_{\text{ei}}(T_{\text{se}} - T_{\text{si}})$$

$$Q_{\text{lat}} = 3002400V_{\text{ei}}(w_{\text{e}} - w_{\text{i}})$$

Siendo V_{ei} el volumen de aire exterior infiltrado , que será calculado mediante el método de la rendija, que se detalla a continuación :

La fórmula utilizada en su cálculo, es:

$$V_{\text{ei}} = \frac{L_{\text{rd}} \cdot V_{\text{rd}}}{3600}$$

V_{ei} : volumen total de aire infiltrado (m^3/s)

L_{rd} : longitud de la rendija (m)

V_{rd} : volumen de aire infiltrado por metro de rendija (m^3/hm)

Se tienen los siguientes cerramientos que pueden ser objeto de infiltraciones por acción del viento:

Cerramientos	Tipo	Lrd [m]	Vrd [m3/hm]	Vinfiltrado [m3/s]
Puertas	Exteriores (metal)	12,24	3,3	0,011
	Interior (madera)	5	5	0,0069
Ventanas	Marco (metalico)	58,96	1,7	0,028
	Marco metalico y guillotina	6,3	4,4	0,0077

Tabla 2.14: Volumen de aire infiltrado

TIPO DE PUERTAS	VELOCIDAD DEL VIENTO km/h						TIPO DE VENTANAS	VELOCIDAD DEL VIENTO km/h					
	8	16	24	32	40	48		8	16	24	32	40	48
Puerta de vidrio							Ventana de guillotina						
- Instal. correcta (rendija 3 mm)	17,8	35,6	54,5	72,4	89,1	105,8	- Marco madera	s.b/c.b	s.b/c.b	s.b/c.b	s.b/c.b	s.b/c.b	s.b/c.b
- Instal. media (rendija 5 mm)	26,7	55,6	78,0	111,4	133,8	161,7	- Ventana normal	0,7/0,4	2,0/1,2	3,6/2,2	5,5/3,3	7,4/4,6	9,6/5,8
- Instal. mediocre (rend. 6,5 mm)	35,6	72,4	105,8	144,9	174,9	211,9	- Marco mal ajustado	2,5/0,6	6,4/1,8	10,3/3,2	14,5/4,7	18,4/6,6	23,4/8,5
Puerta ordinaria, madera ó metal							- Doble ventana	1,3/0,3	3,2/0,9	5,2/1,6	7,2/2,4	8,9/3,3	11,7/4,2
- Instal. correcta (con burlete)	2,5	3,3	5,0	7,2	9,5	11,7	- Marco metálico	1,8/0,6	4,4/1,8	6,8/2,9	9,6/4,3	12,8/5,6	15,6/7,1
- Instal. media (sin burlete)	5,0	6,7	10,0	14,5	18,4	23,4	Ventana normal						
- Instal. mediocre (sin burlete)	5,0	12,8	20,6	29,0	36,8	46,8	- Rendija 0,4 mm	0,6	1,7	3,0	4,3	5,6	6,8
Puerta de fábrica (rend. 3 mm)							- Rendija 0,8 mm	1,3	3,0	4,8	7,1	9,3	11,2
							s.b - Sin burlete	c.b - Con burlete					

TABLA 7.35. Caudal volumétrico infiltrado por metro de rendija para puertas (m³/h m)

TABLA 7.36. Caudal volumétrico infiltrado por metro de rendija para ventanas (m³/h m)

Tabla 2.15: Caudal volumetrico infiltrado por metro de redija: (fuente: “Manual de climatización” de Pinazo Ojer)

Nota: el viento se considera de 16 km/h salvo para la puerta del estudio que al estar ubicada dentro de la vivienda se considera un viento de 8 km/h.

Puertas, principal y trasera de metal: de instalación correcta con burlete:

$$V_{e1} = 0,0112 \text{ m}^3/\text{s}$$

Puerta de estudio de madera de instalación media sin burlete:

$$V_{e2} = 0,00791 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ventanas normales de marco metálico de rendija 4mm:

$$V_{e3} = 0,0278 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ventana de guillotina de marco metálico:

$$V_{e4} = 0,0077 \text{ m}^3/\text{s}$$

Así pues la carga térmica por infiltración , es:

Verano: $Q_{sen} = 625,14 \text{ W}$

$$Q_{lat} = -233,81 \text{ W}$$

Invierno: $Q_{sen} = -1572,53 \text{ W}$

$$Q_{lat} = -565,98 \text{ W}$$



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

Los resultados de cargas por infiltraciones los encontramos resumidos en las siguientes tablas:

Invierno	hint [KJ/Kg]	hext [KJ/Kg]	Wint [Kg/Kg a.s]	Wext [Kg/Kg a.s]	Tsi [°C]	Tse [°C]	Qinf sen [W]	Qinf lat [W]	Qvent Tot[W]
Enero	35,7	2,3	0,00579	0,00228	21	-3,4	-1572,5312	-565,983625	-2138,514825
Febrero	35,7	9,18	0,00579	0,00307	21	1,5	-1256,736	-438,5969971	-1695,332997
Marzo	35,7	10,73	0,00579	0,003	21	3,2	-1147,1744	-449,8844198	-1597,05882
Abril	35,7	14,06	0,00579	0,00345	21	5,4	-1005,3888	-377,3224166	-1382,711217
Mayo	35,7	19	0,00579	0,00353	21	8,8	-786,2656	-364,422505	-1150,688105
Octubre	35,7	20,1	0,00579	0,00465	21	8,3	-818,4896	-183,8237414	-1002,313341
Noviembre	35,7	13,54	0,00579	0,00388	21	3,8	-876,9248	-243,6433589	-1120,568159
Diciembre	35,7	10,69	0,00579	0,00355	21	1,8	-818,8928	-239,0348083	-1057,927608

Tabla 2.16: Cargas térmicas por Infiltracion en Invierno

Verano	hint [KJ/Kg]	hext [KJ/Kg]	Wint [Kg/Kg a.s]	Wext [Kg/Kg a.s]	Tsi [°C]	Tse [°C]	Qinf sen [W]	Qinf lat [W]	Qvent Tot[W]
Mayo	52,02	47,97	0,01101	0,0101	24	22,3	-109,5616	-146,736495	-256,2980954
Junio	52,02	59,03	0,01101	0,01208	24	28,2	270,6816	172,536319	443,2179187
Julio	52,02	58,2	0,01101	0,00956	24	33,7	625,1456	-233,810899	391,3347008
Agosto	52,02	66,79	0,01101	0,01344	24	32,4	541,3632	391,834817	933,1980173
Septiembre	52,02	59,92	0,01101	0,01267	24	27,6	232,0128	267,673167	499,6859674
Octubre	52,02	47,02	0,01101	0,01041	24	20,6	-219,1232	-96,7493376	-315,8725376

Tabla 2.17: Cargas térmicas por Infiltracion en Verano

2.4.2.8 Calculo de cargas por Iluminación :

Tendremos dos tipos de bombillas, de 20W para las de bajo consumo, y de 50W para las halógenas, ambas con reactancia incorporada, con lo que responden a la siguiente fórmula para calcular su carga térmica:

$$Q_i = (KI + 0,2)PT \cdot FS$$

KI: coeficiente para iluminación fluorescente dependiente del número de horas de iluminación y de la hora en que consideramos la carga.

PT: Potencia de iluminación:

Se detalla a continuación la disposición de las fuentes de luz en la siguiente tabla:

	Fluorescentes/bajo consumo	Halógenas
Cocina	3	0
Despacho	2	0
Aseo planta baja	1	2
Estudio	2	7
Vestíbulo-Comedor	11	0
Distribuidor	1	4
Dormitorio 1	3	0
Dormitorio 2	2	0
Dormitorio 3	2	0
Baño 1	1	2
Baño 2	1	2
Total luces	29	17
Potencia	580 W	850 W

Tabla 2.18: Puntos de iluminación



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

NOTA: Los planos de disposición de las tomas de luz se encuentran en la sección de ANEXOS

Los cálculos de las cargas por iluminación se van a realizar por el criterio de carga instantánea, así pues se fijarán unos horarios de iluminación de la vivienda.

Se supondrá que las luces de la vivienda se encenderán a las 8 de la mañana y se mantendrán encendidas hasta la hora de máxima carga térmica que es el objeto de nuestra medición, esta hora será las 15 horas, por lo que las luces llevarán encendidas 7 horas ininterrumpidamente.

Suelo con parquet																									
Dur\ H.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1 h.	71	7	3	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2 h.	71	78	10	6	4	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
3 h.	72	78	82	13	7	5	4	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
4 h.	72	78	82	84	14	9	6	5	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
5 h.	72	78	82	84	86	15	10	7	5	4	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
6 h.	72	79	82	84	86	87	16	10	7	6	4	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
7 h.	72	79	82	84	86	87	88	17	11	8	6	5	4	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	
8 h.	72	79	82	84	86	87	88	88	18	11	8	6	5	4	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	
9 h.	72	79	82	84	86	87	88	89	89	12	9	7	5	4	4	3	3	2	2	2	2	1	1	1	
10 h.	73	79	82	85	86	87	88	89	89	19	12	9	7	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	
11 h.	73	79	83	85	86	87	88	89	90	90	19	12	9	7	6	5	4	3	3	3	2	2	2	2	
12 h.	73	80	83	85	86	88	88	89	90	90	19	13	9	7	6	5	4	3	3	3	2	2	2	2	
13 h.	73	80	83	85	87	88	88	89	90	90	90	91	19	13	10	8	6	5	4	4	3	3	2	2	
14 h.	74	80	83	85	87	88	89	89	90	90	90	91	91	20	13	10	8	6	5	4	4	3	3	2	
15 h.	74	81	84	86	87	88	89	89	90	90	90	91	91	91	20	13	10	8	6	5	4	4	3	3	
16 h.	75	81	84	86	87	88	89	90	90	90	90	91	91	91	91	20	13	10	8	6	5	5	4	4	
17 h.	75	81	84	86	88	88	89	90	90	90	91	91	91	91	91	91	20	14	10	8	7	5	5	4	
18 h.	76	82	85	87	88	89	90	90	90	91	91	91	91	91	91	91	92	20	14	10	8	7	6	5	
19 h.	77	83	85	87	88	89	90	90	91	91	91	91	91	91	91	91	92	92	21	14	11	8	7	6	
20 h.	78	84	86	88	89	90	91	91	91	91	91	91	91	91	91	92	92	92	21	14	11	8	7	6	
21 h.	80	86	87	89	89	90	91	91	91	91	91	91	91	91	91	92	92	92	92	21	14	11	8	7	
22 h.	82	87	88	89	90	91	91	91	91	91	91	92	92	92	92	92	92	92	92	92	21	14	11	8	
23 h.	86	89	90	91	91	91	91	91	91	91	91	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	21	14	11	
24 h.	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	

**TABLA 7.43. Porcentaje de carga debida a luces fluorescentes
Funcionamiento instalación aire acondicionado 24 horas**

Tabla 2.19: porcentaje de carga debida a fluorescentes (fuente: “Manual de climatización”Pinazo Ojer”)

Mediante la tabla se averigua el coeficiente para la iluminación fluorescente: KI=0,88

Por último, quedaría por especificar el factor de simultaneidad, FS. Este factor es más bien subjetivo y en este caso se le dará un valor de 0,5 , es decir, que la mitad de las luces de la casa serán las que estén encendidas. Esto se ha establecido así ya que , las condiciones del proyecto para verano establecen la medición para 23 de Julio a las 15 horas, parece razonable pues establecer que solo la mitad de las luces de la casa estarán encendidas.

Con estos datos , la carga térmica por iluminación es :

Verano: $Q_t = 761,4 W$

Invierno: $Q_t = 0 W$

Los resultados los encontraremos resumidos en la siguiente tabla:



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

	lugar	tipo	cantidad	Potencia [w]	Carga [W]	KI	Q [W]
Planta baja	Lavadero/ despensa	fluorescente	2	20	40	1,08	43,2
	Cocina	fluorescente	1	20	20	1,08	21,6
	Despacho	fluorescente	2	20	40	1,08	43,2
	Aseo	fluorescente	1	20	20	1,08	21,6
		halogena	2	50	100	1,08	108
	Estudio	fluorescente	2	20	40	1,08	43,2
		halogena	7	50	350	1,08	378
	Vestibulo	fluorescente	2	20	40	1,08	43,2
	Comedor	fluorescente	9	20	180	1,08	194,4
	Distribuidor	fluorescente	1	20	20	1,08	21,6
		halogena	4	50	200	1,08	216
	Total		33	310	1050		1134
Planta Primera	Dormitorio 1	fluorescente	2	20	40	1,08	43,2
	Dormitorio 2	fluorescente	2	20	40	1,08	43,2
	Dormitorio 3	fluorescente	2	20	40	1,08	43,2
	Baño 1	fluorescente	1	20	20	1,08	21,6
		halogena	2	50	100	1,08	108
	Baño 2	fluorescente	1	20	20	1,08	21,6
		halogena	2	50	100	1,08	108
	Total		12	200	360		388,8
						SUBTOTAL	1522,8
						Total (Fs=0,5)	761,4

Tabla 2.20: Cargas debidas a iluminación

2.4.2.9 Cargas térmicas producidas por maquinaria:

La vivienda consta de diversos aparatos eléctricos que desprenden calor, de estos solo los señalados serán los que se suponen en funcionamiento habitual , y por tanto dentro de nuestros cálculos:

Verano	Carga unitaria [W]	Cantidad	Carga [W]
Ordenador	250	2	500
Television	250	3	750
frigorifico	200	1	200
		Total:	1450

Tabla 2.21: Cargas debidas a maquinaria

Así pues la carga por maquinaria de la vivienda es :

Verano: $Q_m = 1450 W$

Invierno: $Q_m = 0 W$

2.4.2.10 Cargas térmicas por ocupación de la vivienda:

En apartados anteriores, véase Cargas por Ventilación, se ha establecido la ocupación a lo largo del año en 6 personas.

Según el Manual de Climatización de Pinazo Ojer, las formulas de calor sensible y latente responden a las siguientes expresiones:

$$Q_{sen} = nP \cdot QP_{sen} \cdot KI_1 \cdot FS$$

$$Q_{lat} = nP \cdot QP_{lat} \cdot FS$$

Para averiguar el calor sensible y latente de los ocupantes, se supondrá que se encuentran de pie y en reposo, los valores se encuentran tabulados de la forma siguiente:

ACTIVIDAD		CALOR		TEMPERATURA SECA							
				27°C		25°C		23°C		21°C	
				total (W)	CS	CL	CS	CL	CS	CL	CS
Sentado reposo (teatro, cine...)	Hombre			115	62	53	76	39	87	28	87
	Mujer			90	56	34	66	24	67	23	67
	Media			103	59	44	71	31	77	26	77
Sentado trabajo muy ligero (Oficina...)	Hombre			139			84	55	100	39	105
	Mujer			109			73	36	81	28	82
	Media			124			78	46	90	34	94
Sentado trabajo ligero (mecanografía, trab. montaje)	Hombre			185			93	92	111	74	129
	Mujer			145			79	66	94	51	109
	Media			165			86	79	103	62	119
De pie sin movimiento	Hombre			139			80	59	95	44	105
	Mujer			109			70	39	82	27	82
	Media			124			75	49	89	35	94
De pie trab.ligero (marcha reducida, tienda, bancos)	Hombre			235			94	141	112	123	130
	Mujer			185			83	102	99	86	115
	Media			210			89	121	106	104	123

TABLA 7.38. Calor sensible y latente desprendido por las personas en función de su actividad y temperatura ambiente.

Tabla 2.22: Carga sensible y latente desprendida por las personas. (fuente: “Manual de climatización” Pinazo Ojer”)

En verano se considera que los ocupantes se encuentran en la vivienda realizando tareas diversas, siendo estas:

- 3 personas sentadas viendo la televisión (Sentados en reposo)
- 1 persona escribiendo en el ordenador (Sentado trabajo muy ligero)
- 1 persona viendo de pie (De pie sin movimiento)
- 1 persona paseando por la vivienda (De pie trabajo ligero)

En invierno se considerará la carga que menos aporte en carga térmica: 1 persona Sentado en reposo

Nota: Se cogerán los valores medios para hombres y mujeres.



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

Así pues:

En verano: (6 ocupantes) FS=1

En invierno: (1 ocupante) FS= 0,1666

Calor sensible:

Calor sensible:

$$Q_s = 455 \text{ W}$$

$$Q_s = 77 \text{ W}$$

Calor latente:

Calor latente

$$Q_l = 309 \text{ W}$$

$$Q_l = 26 \text{ W}$$

Como en el caso de la iluminación, por el motivo de hacer los cálculos más fiables, se considerará la carga térmica instantánea acumulada a lo largo del día por los ocupantes de la vivienda.

Se considera que los ocupantes llevan en la vivienda 7 horas en la vivienda en el momento de la medición de carga. Nos fijamos en la tabla:

Suelo con parquet																									
Dur\H.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1 h.	77	5	3	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2 h.	77	83	8	5	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3 h.	77	83	85	10	6	4	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
4 h.	77	83	85	87	11	7	8	5	4	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
5 h.	77	83	85	87	88	12	8	5	4	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
6 h.	78	83	86	87	89	89	13	8	6	4	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7 h.	78	83	86	87	89	90	13	14	9	6	5	4	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	
8 h.	78	83	86	87	89	90	90	91	14	9	7	5	4	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
9 h.	78	83	86	88	89	90	90	91	91	15	9	7	5	4	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	
10 h.	78	83	86	88	89	90	90	91	91	92	15	10	7	5	4	3	3	2	2	2	2	2	1	1	
11 h.	78	84	86	88	89	90	91	91	92	15	10	7	6	4	4	3	3	2	2	2	2	2	1	1	
12 h.	79	84	86	88	89	90	91	91	92	15	10	8	6	5	4	3	3	2	2	2	2	2	2	1	
13 h.	79	84	86	88	89	90	91	91	92	16	10	8	6	5	4	3	3	2	2	2	2	2	2	1	
14 h.	79	84	87	88	90	90	91	91	92	16	10	8	6	5	4	3	3	2	2	2	2	2	2	1	
15 h.	79	84	87	89	90	90	91	91	92	16	11	8	6	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	1	
16 h.	80	85	87	89	90	91	91	92	16	11	8	6	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	1	
17 h.	80	85	88	89	90	91	91	92	16	11	8	6	5	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	1	
18 h.	81	86	88	89	90	91	92	16	11	8	6	5	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	
19 h.	82	86	88	90	91	91	92	16	11	8	6	5	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	
20 h.	82	87	89	90	91	92	16	11	8	6	5	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	
21 h.	84	88	90	91	92	16	11	8	6	5	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	
22 h.	86	89	91	92	16	11	8	6	5	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	
23 h.	88	91	92	16	11	8	6	5	4	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	
24 h.	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	

TABLA 7.40 Porcentaje de carga debida a ocupantes.
Funcionamiento instalación aire acondicionado 24 horas.
Suelo con pavimento

Tabla 2.23: Porcentaje de carga debida a ocupantes (fuente: “Manual de climatización” Pinazo Ojer)

El coeficiente de porcentaje de carga de ocupante resulta ser : $KI = 0,9$
Y este coeficiente solo se aplica a la carga sensible en verano.

Así pues finalmente, las cargas debidas a ocupación son:

En verano: (6 ocupantes)

En invierno: (1 ocupante)

Calor sensible:

Calor sensible:

$$Q_s = 409,5 \text{ W}$$

$$Q_s = 77 \text{ W}$$

Calor latente:

Calor latente

$$Q_l = 309 \text{ W}$$

$$Q_l = 26 \text{ W}$$



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

Los resultados los encontraremos resumidos en las siguientes tablas:

Invierno	Ocupantes	Carga unitaria[W]	FS	carga [W]
carga sensible	6	77	0,16666666	77
carga latente	6	26	0,16666666	26
			Total	103

Tabla 2.24: Cargas debidas a ocupantes en Invierno

Verano	Tipo de carga	Ocupantes	Carga unitaria [W]	FS	KI	Carga [W]
Sentado en reposo	Carga Sensible	3	71	1	0,9	191,7
	Carga Latente	3	31	1	1	93
Sentado; trabajo muy ligero	Carga Sensible	1	78	1	0,9	70,2
	Carga Latente	1	46	1	1	46
De pie sin movimiento	Carga Sensible	1	75	1	0,9	67,5
	Carga Latente	1	49	1	1	49
De pie trabajo ligero	Carga Sensible	1	89	1	0,9	80,1
	Carga Latente	1	121	1	1	121
					Total	718,5
					Total sensible	409,5
					Total latente	309

Tabla 2.25: Cargas debidas a ocupantes en Verano

2.4.2.11 Cargas térmicas transmitidas por las ventanas de la vivienda:

La transmisión del calor a través de las ventanas se hace mediante dos formas principalmente, por convección y por radiación. La última forma se da únicamente en condiciones estivales, ya que en condiciones invernales se considerará que son días nublados en los que el sol no incide directamente sobre las superficies de la vivienda. Considerando ambos fenómenos tenemos la siguiente ecuación de carga sensible:

$$Q_{sens} = A \cdot (q_{re} + q_{sr})$$

Los cristales de la vivienda serán de dos tipos ; Primalit “C” 240x240x80 , y Climalit 4.6.4 y en función a sus distintas propiedades reflectivas y transmitivas se estudiarán las radiaciones y convecciones.

Empezaremos el estudio de las cargas térmicas transmitidas por convección:

2.4.2.11.1 Cargas térmicas por convección en cristales:

La carga por convección en las ventanas responderá a esta expresión:

$$Q_{cc} = q_{cc} \cdot A_T$$

Siendo : q_{cc} : Flujo de calor por conducción-convección (W/m^2)

A_T : Area total acristalada (m^2)

El flujo de calor por fenómenos convectivos y conductivos a su vez será:

$$q_{cc} = K (T_{se} - T_{sL})$$

Donde: K : Coeficiente global de transmisión de calor ($W/m^2\text{°C}$)

T_{se} : Temperatura seca exterior del proyecto ($^{\circ}C$)

T_{sL} : Temperatura seca local del proyecto ($^{\circ}C$)

Tal y como se resume en el punto E.1.4 de la norma BD-HE, los huecos por ventanas se analizarán conjuntamente para el marco y la parte semitransparente, de tal forma que :

$$U_{climalit} = (1 - FM)U_{H,v} + FM U_{H,m} = 3,1 W/m^2\text{°C}$$

Climalit con lunas planilux con cámara de aire 12 mm :

$$U_{H,v} = 2,9 W/m^2\text{°C}$$

Composición ejemplo	Espesor mm.	Factor solar g	Factor TI %	Factor U W/m^2K	Peso Kg/m^2
Planilux 4 mm. / cámara 12 mm. / Laminar Stadip 3+3	22,5	0,73	80	2,9	25,5

Tabla 2.26: Características de lunas Planilux (fuente: Saint Gobain Glass)

Y un valor de transmitancia térmica para marcos de aluminio con rotura de puente térmico: $U_{H,m} = 4 W/m^2\text{°C}$

La fracción de hueco ocupada por el marco es de un 19%

Y teniendo los valores de las resistencias por convección en el interior y exterior de la vivienda: $R_{he} = 0,04 m^2K/W$

$$R_{hi} = 0,13 m^2K/W$$



ilustracion 2.22: Circuito térmico P.baja

Averiguamos el coeficiente de transmisión de calor global para el acristalamiento de climalit.

$$U_{\text{clim}} = 2,03 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

De esta forma , sustituimos en la fórmula del flujo de calor:

$$\text{Para verano: } q_{\text{cc}} = 19,69 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Para invierno: } q_{\text{cc}} = -49,52 \text{ W/m}^2$$

Y multiplicando por el Área total de acristalamiento con Climalit : $A_T = 21,06 \text{ m}^2$

$$\text{Para verano: } Q_{\text{cc}} = 414,67 \text{ W}$$

$$\text{Para invierno: } Q_{\text{cc}} = -1043,09 \text{ W}$$

Para el caso de los acristalamientos realizados mediante Primalit C, al no estar específicamente reflejados en el manual , se han obtenido sus coeficientes de transferencia de calor de la página web del fabricante

$$U_{\text{prim}} = 3,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$$



ilustracion 2.23: Circuito térmico para ventanas Primalit “C”

Análogamente a lo hecho anteriormente , averiguamos el coeficiente de transferencia de calor total para el acristalamiento Primalit C.

$$U_{\text{prim}} = 2,19 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Sustituyendo en la fórmula del flujo de calor:

$$\text{Para verano: } q_{\text{cc}} = 21,28 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Para invierno: } q_{\text{cc}} = -53,54 \text{ W/m}^2$$

Y multiplicando por el Área total de acristalamiento con Primalit C : $A_T = 15,48 \text{ m}^2$

$$\text{Para verano: } Q_{\text{cc}} = 328,94 \text{ W}$$

$$\text{Para invierno: } Q_{\text{cc}} = - 827,44 \text{ W}$$

2.4.2.11.2 Cargas térmicas por radiación en cristales:

2.4.2.11.2.1 Radiación directa:

Se comienzan los cálculos calculando el coeficiente de transmisión (τ), absorción (ρ) y de reflexión (α') a la radiación solar incidente. Así pues se reducirá al estudio de la orientación de la vivienda que esté expuesta a radiación solar directa, esto es, la orientación Sur.

El Angulo de incidencia para la orientación Sur es de $70,3^\circ$ y los vidrios de la vivienda tienen un espesor de 4 milímetros.

Cálculo del ángulo de refracción, θ_{rf} : $\theta_{rf} = \sin^{-1} \left(\frac{n_1}{n_2} \sin i \right) = 38,09^\circ$

Con: $n_1=1$ (aire)

$n_2=1,526$ (vidrio común 4mm)

Calculo del coeficiente de reflexión del cristal, ρ_c : $\rho_c = \frac{1}{2} \left[\frac{(\sin(\theta_2 - i))^2}{(\sin(\theta_2 + i))^2} + \frac{(\tan(\theta_2 - i))^2}{(\tan(\theta_2 + i))^2} \right] = 0,179$

Coeficiente de transmisión del cristal debido a la absorción por un único paso a su través, $\tau_{abs,1}$:

$$\tau_{abs,1} = e^{-K_g L} = 0,915$$

Siendo: $K_g = 17,4 m^{-1}$ (coef.de extinción del vidrio común)

$L = esp / \cos \theta_{rf} = 5,08 mm$ (espesor que recorre los rayos solares al atravesar el vidrio)

Por último se calculará los coeficientes globales:

Coeficiente global de transmisión, τ : $\tau = \frac{(1 - \rho_c)^2 \tau_{abs,1}}{1 - (\rho_c \tau_{abs,1})^2} = 0,634$

Coeficiente de reflexión global, ρ : $\rho = \rho_c + \frac{(1 - \rho_c)^2 \rho_c \tau_{abs,1}^2}{1 - (\rho_c \tau_{abs,1})^2} = 0,283$

Coeficiente de absorción global, α' : $\alpha' = 1 - \tau - \rho = 0,083$

2.4.2.11.2.2 Radiación difusa:

Para calcular los coeficientes para la radiación difusa, esta se supone isointensiva, es decir, de igual intensidad en todas las direcciones: $I = \text{cte}$

Tomando como referencia el Manual de Climatización de Pinazo Ojer, este establece mediante extrapolación, los valores de los coeficientes por incidencia normal:

$$\rho_{c0} = 0,04336; \rho_0 = 0,078; \tau_0 = 0,855; \alpha'_0 = 0,067$$

Particularizando para el caso de estudio, cuando la radiación es difusa, el coeficiente de transmisión responde a esta expresión: $\bar{\tau} = 0,89 \tau_0 = 0,761$

En el caso de la absorción, esta permanece prácticamente constante para cualquier ángulo de incidencia, por lo que concluimos que tanto para la radiación incidente como para la radiación difusa será el mismo: $\bar{\alpha}' = 0,067$

Calculo de la radiación que atraviesa una superficie acristalada con vidrio común:

$$I_{TR}(\eta, \gamma) = I_D(\eta, \gamma) \tau + I_d(\eta, \gamma) 0,89 \tau_g + 0,35 \alpha' (I_D(\eta, \gamma) + I_d(\eta, \gamma))$$

Para la porción de cristales de la vivienda que tengan radiación directa y difusa en su superficie:

$$I_{TR,Dd}(\eta, \gamma) = I_{0H} = 333,53 \text{ W/m}^2$$

Para la porción de cristales que solo tengan radiación difusa en su superficie :

$$I_{TR,d}(\eta, \gamma) = I_N = 157,94 \text{ W/m}^2$$

Efecto de otros materiales adicionales:

Al utilizar diferentes elementos adicionales en los ventanales la cantidad de radiación transmitida se verá afectada, evidentemente.

Estas reducciones en la radiación transmitida se verán cuantificados mediante dos factores que están tabulados en el Manual de Climatización de Pinazo Ojer, la tabla es la siguiente:

En el proyecto se dispone de una carpintería metálica (aluminio), y de vidrio doble.

Esto hace: para climalit: $n_v=0,88$; $m_r=88\%$

Para primalit: $n_v=0,92$; $m_r=91\%$

2.4.2.11.3 Factor solar de huecos:

$$F = F_s [(1 - FM) g_{\perp} + FM \cdot 0,04 U_{m,\alpha}]$$

El factor solar de la parte semitransparente, g_{\perp} , viene dado por el fabricante, las características del vidrio están en el apartado de cargas térmicas por convección en cristales.

$$g_{\perp} = 0,73$$

La fracción de hueco ocupada por el marco, $FM=0,19$ para el caso de las ventanas con Climalit, mientras que su valor será "0" en el caso de los acristalamientos por Primalit por carecen de marco.

Y un valor de transmitancia térmica para marcos de aluminio con rotura de puente térmico:
 $U_{H,m} = 4 \text{ W/m}^2\text{°C}$

El factor de sombra del hueco o lucernario se obtiene de las siguientes tablas contenidas en el documento del Código Técnico de la Edificación, DB-HE de Ahorro de energía

Tabla E.11: Factor de sombra para obstáculos de fachada: Voladizo

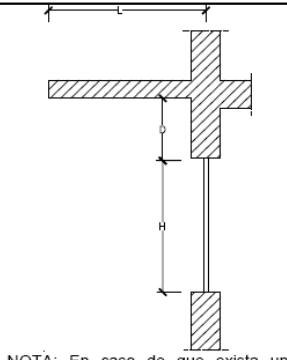
			$0,2 < L/H \leq 0,5$	$0,5 < L/H \leq 1$	$1 < L/H \leq 2$	$L/H > 2$
		ORIENTACIONES DE FACHADAS				
 <p>NOTA: En caso de que exista un retranqueo, la longitud L se medirá desde el centro del acristalamiento.</p>	S	$0 < D/H \leq 0,2$	0,82	0,50	0,28	0,16
		$0,2 < D/H \leq 0,5$	0,87	0,64	0,39	0,22
		$D/H > 0,5$	0,93	0,82	0,60	0,39
	SE/SO	$0 < D/H \leq 0,2$	0,90	0,71	0,43	0,16
		$0,2 < D/H \leq 0,5$	0,94	0,82	0,60	0,27
		$D/H > 0,5$	0,98	0,93	0,84	0,65
	E/O	$0 < D/H \leq 0,2$	0,92	0,77	0,55	0,22
		$0,2 < D/H \leq 0,5$	0,96	0,86	0,70	0,43
		$D/H > 0,5$	0,99	0,96	0,89	0,75

Tabla 2.27: Factores de sombra para Voladizos (fuente: DB-HE)
Tabla E.12: Factor de sombra para obstáculos de fachada: Retranqueo

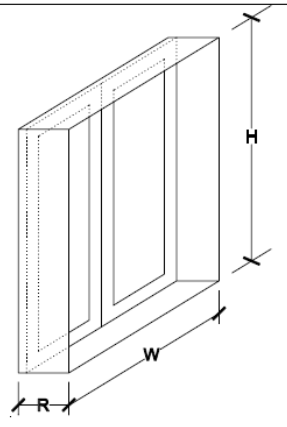
			$0,05 < R/W \leq 0,1$	$0,1 < R/W \leq 0,2$	$0,2 < R/W \leq 0,5$	$R/W > 0,5$
		ORIENTACIONES DE FACHADAS				
	S	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,82	0,74	0,62	0,39
		$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,76	0,67	0,56	0,35
		$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,56	0,51	0,39	0,27
		$R/H > 0,5$	0,35	0,32	0,27	0,17
	SE/SO	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,86	0,81	0,72	0,51
		$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,79	0,74	0,66	0,47
		$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,59	0,56	0,47	0,36
		$R/H > 0,5$	0,38	0,36	0,32	0,23
	E/O	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,91	0,87	0,81	0,65
		$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,86	0,82	0,76	0,61
		$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,71	0,68	0,61	0,51
		$R/H > 0,5$	0,53	0,51	0,48	0,39

Tabla 2.28. Factores de sombra para Retranqueos (fuente: DB-HE)

Se han de diferenciar los distintos tipos de huecos según su retranqueo y voladizos todo ello teniendo en cuenta los 9 tipos de acristalamientos que se dan en la vivienda de los orientados al sur (tipo 7) no se estudiará su factor solar)

Acristalamientos con voladizo y retranqueo: Tipos 1, 2, 3, 4, 5 y 6

Acristalamientos solo con retranqueo: Tipo 1, Lucernario y Cristalera.

Acristalamientos solo con voladizo: Ventanal.

	Huecos	1			2		3	4	5	6	V	C	L
Voladizo	D	0	0,45	-	0	0,6	0	0,6	0,6	0,6	0,45	---	---
	H	1,2			1,2		1,2	1,2	1,1	2,1	2,1	---	---
	L	0,55	3,1	-	0,55	2,4	0,55	0,55	0,55	0,55	3,1	---	---
Retranque	H	1,2			1,2		1,2	1,2	1,1	2,1	---	2,1	0,7
	W	1,55			1,2		0,93	0,85	0,85	0,85	---	2,78	1,4
	R	0,25			0,25		0,25	0,25	0,25	0,25	---	0,25	0,25
Fs (SUR)		0,14			---		---	---	0,36	---	0,39	---	0,51
Fs (E/O)		0,75	0,82		0,75	0,45	0,69	0,73	---	0,73	---	0,86	---

Tabla 2.29: Longitudes características de los huecos de la vivienda

Por último, la absorptividad del marco, α , se obtiene de la tabla siguiente:

Tabla E.10 Absortividad del marco para radiación solar α

Color	Claro	Medio	Oscuro
Blanco	0,20	0,30	---
Amarillo	0,30	0,50	0,70
Beige	0,35	0,55	0,75
Marrón	0,50	0,75	0,92
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,88
Azul	0,50	0,80	0,95
Gris	0,40	0,65	---
Negro	---	0,96	---

Tabla 2.30: Absortividad del marco

El marco de aluminio con RPT es de color blanco claro, $\alpha=0,2$

Así pues resolviendo la ecuación, los factores solares son:

$$F_{SUR1} = 0,08$$

$$F_{SUR2} = 0,21$$

$$F_{SURV} = 0,23$$

$$F_{SUR4} = 0,30$$

Los $F_{E/O}$, se tomaran como valor, 0, toda la radiación es difusa para las orientación Norte, Este y Oeste. Por lo tanto no habrá factor solar.

Radiación que atraviesa la superficie acristalada teniendo en cuenta las sombras, retranqueos y voladizos:

Los primeros cálculos que han de llevarse a cabo en esta parte son los calculos de superficie acristalada que esta sometida a la radiación directa, es decir, toda aquella superficie acristalada instalada en dirección Sur:

De los 21,05m² de acristalamiento climalit, solo 7,03 m² están instalados en dirección sur, el ventanal, ventanas tipo 1, ventana tipo 5 y el pequeño lucernario.

$$A_{sol1} = A_{T1} \cdot F_{SUR1} = 1,86m^2 \cdot 0,08 = 0,15 m^2$$

$$A_{sol5} = A_{T5} \cdot F_{SUR5} = 0,935m^2 \cdot 0,21 = 0,19 m^2$$

$$A_{solV} = A_{TV} \cdot F_{SURV} = 3,255m^2 \cdot 0,23 = 0,75 m^2$$

$$A_{solL} = A_{TL} \cdot F_{SURL} = 0,98m^2 \cdot 0,30 = 0,29 m^2$$

$$A_{Tsol} = 1,38 m^2$$

$$A_{TsombraCLIM} = 5,65 m^2 + 14,02m^2 = 19,67 m^2$$

La restante superficie acristalada en vidrios Primalit 'C', se encuentra integra a la sombra.

$$A_{TsombraPRIM} = 15,48 m^2$$

Carga térmica que incide sobre la superficie acristalada:

$$Q_{\pi,CLIM} = n \cdot v \cdot I_{Ori} \cdot A_{Tsol} + n \cdot v \cdot I_N \cdot A_{Tsombra,CLIM} = 3138,91W$$

$$Q_{\pi,PRIM} = n \cdot v \cdot I_N \cdot A_{Tsombra,PRIM} = 2249,31W$$

Siendo I_{Ori} , la energía que atraviesa el vidrio en la orientación Sur.

Energía que se traduce en carga de refrigeración:

La energía radiante que atraviesan los cristales la absorben en mayor o menor medida los suelos, paredes y techos que luego por convección la devolverán al aire del local creando una carga térmica. Para estudiar este proceso habrá que averiguar I_{Ori}^s , que es en definitiva I_{Ori} corregida.

$$I_{Ori}^s = \left[I_{Ori}(n) + \sum_{j=0}^{\infty} Z_{(j)} \frac{mr}{100hc_i} I_{Ori}(n-j) \right]$$

Siendo en la ecuación: j: el cerramiento donde incide la radiación directa

n: instante en el que se calcula la radiación

$Z_{(j)}$: Coeficiente de la función de transferencia del cerramiento en el que incide la radiación ($W/m^2^{\circ}C$), $Z_{(j)}=1,66W/m^2^{\circ}C$

mr: Tanto por cien de energía en forma radiante (%), $mr_{CLIM}=88\%$

hc_i : Coeficiente de convección interior ($W/m^2^{\circ}C$), $hc_i=10W/m^2$

Esta corrección solo será aplicable a la radiación directa, es decir, a la radiación Sur:

$$I_{Ori}^s = 382,25 W/m^2$$

En cuanto a la radiación solar que llega de forma difusa, ésta mantendrá su valor:

$$I_N^s = I_E^s = I_O^s = 157,94 W/m^2$$

Así por fin, se puede calcular la carga térmica que se genera en el interior de la vivienda por la acción de la radiación solar mediante la fórmula siguiente:

$$Q_{carga} = n \cdot v \cdot A_T [I_{Ori}^s F_{sol} + I_N^s (1 - F_{sol})]$$

Se tienen en dos casos:

- 1) Superficie acristalada tipo "Climalit!" bajo radiación solar incidente.

$$Q_{C,CLIM} = 3198,08 W$$

- 2) Superficie acristalada tipo "Primalit C".

$$Q_{C,PRIM} = 2249,31W$$

Sumando ambas cargas se obtiene la carga total por radiación:

$$Q_{RAD} = Q_{C,CLIM} + Q_{C,PRIM} = 5447,39 W/m^2$$



2.4.2.12 Cálculos finales y coeficientes de seguridad:

Para concluir este apartado de Cálculos de demanda de calefacción, no sería correcto sumar sin más todas las cargas que se han calculado hasta este punto, ya que hay otras cargas inherentes a la instalación que también hay que tener en cuenta como son

- La carga por la propia instalación: Esta carga será para ambos casos, verano e invierno, una carga positiva, es decir en verano contribuirá a aumentar la demanda y en invierno al contrario, la disminuirá. Para ambos casos supondrá un 6% de la Carga sensible propia.
- La carga de seguridad: Es una carga que representa el 5% de la carga total de la instalación y nos sirve para sobredimensionar nuestra instalación correctamente.

Sería también correcto definir un concepto que acabamos de usar, Carga sensible propia y por consiguiente su homóloga, Carga latente propia. Cada una será la suma de todas las cargas latentes o sensibles de la instalación exceptuando las cargas por ventilación que se analizarán por separado ya que no son propias de la instalación.

Concluyendo así damos paso a el resumen mediante tablas de todo lo calculado hasta ahora en el apartado de Demanda de calefacción:



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial

Especialidad Mecánica

Mario Pérez Basa

RESUMEN DE CARGAS TÉRMICAS:

1) RESUMEN DE CARGAS TÉRMICAS PARA INVIERNO:

Mes	Carga Transmisión[W]	Carga Ventilación[W]	Carga Infiltración[W]	Carga Interna[W]	Carga Sensible propia[W]	Carga Latente propia[W]	Carga por la propia instalación[W]	Carga de seguridad (5%)[W]	Carga sensible total[W]	Carga latente total[W]	Carga Total[W]	Energía[KJ]	Energía [kwh]
Enero	-7418,967653	-2643,146985	-2138,514825	103	-8914,49885	-539,983625	534,8699312	-578,137977	-10839,3971	-1301,50042	-12140,89751	-32518179886	-9032827,75
Febrero	-6061,071854	-2095,386129	-1695,332997	103	-7240,80785	-412,596997	434,4484713	-465,717125	-8777,63395	-1002,42568	-9780,059634	-25349914572	-7041642,94
Marzo	-5532,670718	-1973,92188	-1597,05882	103	-6602,84512	-423,88442	396,1707071	-430,224036	-8005,77877	-1028,92598	-9034,704747	-24198553195	-6721820,33
Abril	-4848,857483	-1708,99399	-1382,711217	103	-5777,24628	-351,322417	346,634777	-374,546396	-7006,90736	-858,566947	-7865,474309	-20387309409	-5663141,5
Mayo	-3792,055211	-1422,219645	-1150,688105	103	-4501,32081	-338,422505	270,0792487	-299,594186	-5463,197	-828,280898	-6291,477898	-16851094403	-4680859,56
Junio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	-3947,46731	-1238,832416	-1002,313341	103	-4688,95691	-157,823741	281,3374146	-290,213783	-5690,21323	-404,276205	-6094,489435	-16323480504	-4534300,14
Noviembre	-5346,1762	-1750,744886	-1120,568159	103	-6146,101	-217,643359	368,76606	-387,286159	-7504,78905	-628,220297	-8133,009344	-21080760219	-5855766,73
Diciembre	-5967,824595	-1975,825659	-1057,927608	103	-6709,7174	-213,034808	402,5830437	-424,799741	-8228,35603	-692,438531	-8920,794559	-23893456148	-6637071,15

Tabla 2.31: Cargas Termicas para Invierno

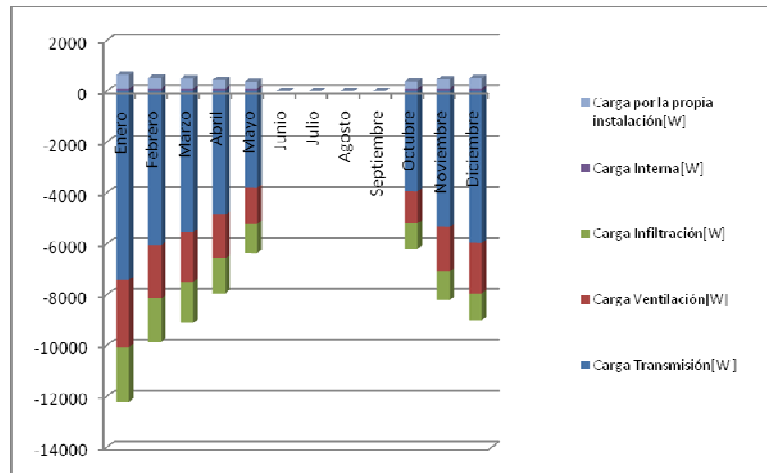


Grafico 2.4: Cargas térmicas para Invierno



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial

Especialidad Mecánica

Mario Pérez Basa

2) RESUMEN DE CARGAS TÉRMICAS PARA VERANO:

Mes	Carga Transmisión[W]	Carga Ventilación[W]	Carga Infiltración[W]	Carga Interna[W]	Carga Sensible propia[W]	Carga Latente propia[W]	Carga por la propia instalación[W]	Carga de seguridad (5%)[W]	Carga sensible total[W]	Carga latente total[W]	Carga Total[W]	Energía[KJ]	Energía [kwh]
Enero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	5474,239658	-316,7775739	-256,2980954	2929,9	7985,57806	162,263505	479,1346835	415,509934	8745,76242	-20,0538127	8725,708606	23370937931	6491927,203
Junio	7158,135479	547,8054638	443,2179187	2929,9	10049,7171	481,536319	602,9830248	584,102094	11536,6181	729,525912	12266,14398	31793845199	8831623,666
Julio	8586,125222	483,6791976	391,3347008	2929,9	11832,1708	75,1891008	709,9302493	655,048468	13980,5025	-224,484647	13756,01784	36844118178	10234477,27
Agosto	7612,567135	1153,407728	933,1980173	2929,9	10774,8303	700,834817	646,4898201	663,778135	12694,9521	1244,38875	13939,34084	37335130495	10370869,58
Septiembre	5209,354076	617,5984579	499,6859674	2929,9	8062,26688	576,673167	483,7360126	487,013726	9274,40271	952,885527	10227,28824	26509131117	7363647,533
Octubre	3696,75093	-390,4099872	-315,8725376	2929,9	6098,52773	212,250662	365,9116638	314,314003	6503,28944	97,304629	6600,594072	17679031163	4910841,99
Noviembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 2.32

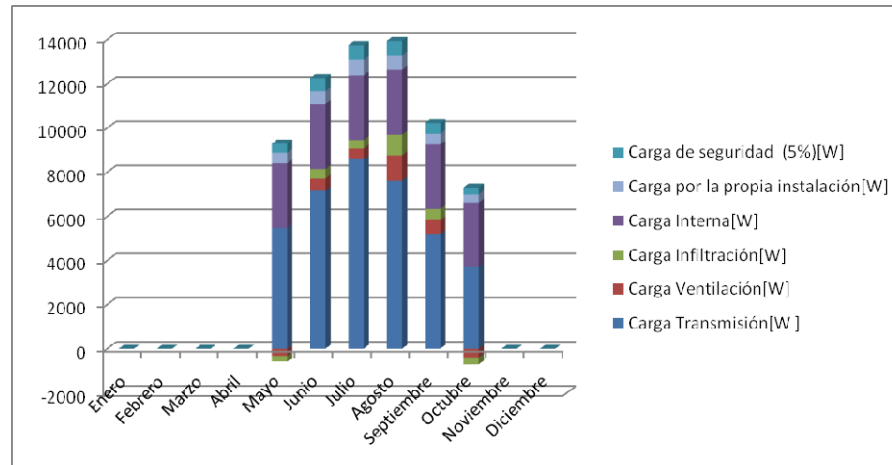


Gráfico 2.5: Cargas térmicas para Verano.

2.5 Comprobación de las limitaciones de la demanda:

En este apartado nos centraremos en averiguar si el edificio que estamos sometiendo a estudio cumple o no las limitaciones de demanda impuestas mediante el método de calculo elegido con anterioridad, en el Capitulo1, entonces se eligió la Opción Simplificada como la mas adecuada para estudiar la vivienda.

Este capitulo se dividirá en dos:

- Comprobación de la limitación de condensaciones.
- Comprobación de la limitación de la demanda energética.

2.5.1 Comprobacion de la limitación de condensaciones

Esta comprobación es la que someteremos a los muros para averiguar si en ellos condensa o no el agua en cualquiera de las subcapas de las que está formado en cualquiera de los ambientes en los que estará sometido cuando la instalación este funcionando. Asi veremos si el ambiente seleccionado como de confort en la climatización es tambien el optimo en la practica.

Se llevará a cabo dos estudios, el de condensaciones superficiales y el de condensaciones intersticiales.

2.5.1.1 Condensaciones superficiales.

Esta comprobación se basa en la comparación del factor de temperatura de la superficie interior f_{Rsi} y el factor de tempertura de la superficie interior minimo $f_{Rsi,min}$ para las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero y especificadas previamente en nuestro apartado de este Capitulo 2 “Condiciones exteriores e interiores del proyecto”.

Se tendrá que comprobar que $f_{Rsi} > f_{Rsi,min}$, este factor de superficie interior minimo se obtendrá de la siguiente tabla en función del tipo de espacio, en nuestro caso la vivienda esta tipificada como de Higrometria 3.

Tabla 3.2 Factor de temperatura de la superficie interior mínimo $f_{Rsi,min}$

Categoría del espacio	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Clase de higrometría 5	0.80	0.80	0.80	0.90	0.90
Clase de higrometría 4	0.66	0.66	0.69	0.75	0.78
Clase de higrometría 3 o inferior a 3	0,50	0.52	0.56	0.61	0.64

Tabla 2.33. Factor de temperatura de la superficie: (fuente: DB-HE)

Ahora bien, se calcularán a continuación los factores de tempertura de la superficie interior minimo de la forma que se detalla en el documento “DB-HE de ahorro de energía”

Se harán los siguientes cálculos para hallarla:

$$f_{Rsi} = 1 - U \cdot 0,25$$

El factor de temperatura de la superficie interior quedará así definido, mediante, U, que es la transmitancia térmica del cerramiento, partición interior o puente térmico, ya calculadas anteriormente para las Cargas térmicas.

Para el caso de $f_{Rsi,min}$, pese a poder elegir tabularlas, como se nos facilitan las ecuaciones para hallarlas nosotros mismo, lo haremos de la siguiente forma:

$$f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{20 - \theta_e}$$

$\theta_{si,min}$, es la temperatura superficial interior mínima aceptable

$$\theta_{si,min} = \frac{237,3 \log_e \left(\frac{P_{sat}}{610,5} \right)}{17,269 - \log_e \left(\frac{P_{sat}}{610,5} \right)}$$

Y, θ_e , es la temperatura exterior de la localidad en el mes de enero, en nuestro caso -3,4°C en el exterior, y 21°C en el interior.

De forma consecutiva definimos P_{sat} , como la presión de saturación máxima aceptable, y se obtendrá de la siguiente forma:

$$P_{sat} = \frac{P_i}{0,8}$$

De igual manera, P_i , es la presión de vapor obtenida mediante la humedad relativa, en el interior es de 35% para el interior y de 75% para el exterior

$$P_i = \phi_i \cdot 2337$$

Finalmente obtenemos esta tabla que nos indica que se cumple perfectamente la limitación de la demanda por condensaciones superficiales, en el caso de la ventana primalit es posible que exista alguna condensación interior, aunque está tan cercano que por algún pequeño error en los cálculos haga que se salga algo de rango

Factor de la temperatura de la superficie interior de un cerramiento					
	fRsi	Pint	Psat int	$\theta_{si,min}$	fRsi,min
Planta alta	0,87	817,95	1022,4375	7,30407788	0,45743923
Planta baja muro1	0,8805	817,95	1022,4375	7,30407788	0,45743923
Planta baja muro2	0,8805	817,95	1022,4375	7,30407788	0,45743923
Techos	0,86175	817,95	1022,4375	7,30407788	0,45743923
Garaje	NO ES EVALUABLE, PARTICION EN CONTACTO CON ESPACIO NO HABITABLE				
Solera	NO ES EVALUABLE, PARTICION EN CONTACTO CON ESPACIO NO HABITABLE				
Ventanas climalit	0,4925	817,95	1022,4375	7,30407788	0,45743923
Ventanas primalit	0,4525	817,95	1022,4375	7,30407788	0,45743923
Puertas	0,5075	817,95	1022,4375	7,30407788	0,45743923

Tabla 2.34: Factor de temperatura de la superficie interior de un cerramiento

2.5.1.2 Condensaciones intersticiales:

Esta comprobación se basa en la comparación entre la presión de vapor y la presión de vapor de saturación que existe en cada punto intermedio de un cerramiento formado por diferentes capas como es que tenemos en esta vivienda. Las condensaciones interiores y exteriores serán correspondientes al mes de Enero y se calcularán de la siguiente forma:

Se hará un estudio previo de distribución de temperatura a lo largo de cada capa de los cerramientos, distinguiendo entre cada uno de ellos.

Los cálculos serán los siguientes:

El cálculo de la temperatura superficial exterior tendrá la siguiente expresión, siendo R_{se} y R_T , las resistencias térmicas superficiales y la total correspondientemente.

$$\theta_{se} = \theta_e + \frac{R_{se}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

El cálculo de la temperatura superficial para cada capa del cerramiento tendrá a su vez esta expresión siendo, n , la capa de estudio.

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \frac{R_n}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

Por último el cálculo de temperatura superficial interior será análogo al de temperatura exterior solo que teniendo en cuenta la resistencia superficial interior y la temperatura de la ultima capa de material del cerramiento.

$$\theta_{si} = \theta_n + \frac{R_{si}}{R_T} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

Los resultados vienen expresados en la siguiente tabla:

Distribución de temperaturas a lo largo de los componentes estructurales							
	θ_{se}	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_{si}
Planta alta	-1,75056	1,890896	18,575616	19,6109568	20,4483648	---	20,9558848
Planta baja muro1	NO SE EVALUARÁ POR SER UNA PARTICIÓN CON PANTALLA DE VAPOR						
Planta baja muro2	-1,75056	1,890896	18,575616	19,6109568	20,4483648	---	20,9558848
Techos	-1,106156	-0,81740152	-0,62444876	3,42351124	20,2900112	21,1805624	21,7202904
Garaje	NO SE EVALUARÁ POR SER PARTICIÓN CON PANTALLA DE VAPOR						
Solera	NO SE EVALUARÁ POR SER ES UNA PARTICIÓN INTERIOR						
Presiones de vapor de saturación a lo largo de los componentes estructurales							
Planta alta	527,9963441	699,801259	2138,67836	2281,26292	2402,60199	---	2478,85484
Planta baja muro1	---	---	---	---	---	---	---
Planta baja muro2	527,9963441	699,801259	2138,67836	2281,26292	2402,60199	---	2478,85484
Techos	556,9833251	570,619834	579,814136	780,452447	2379,23359	2513,28161	2597,69525
Garaje	---	---	---	---	---	---	---
Solera	---	---	---	---	---	---	---
Presiones de vapor a lo largo de los componentes estructurales							
Planta alta	395,9972581	690,24	768,29	817,93	842,75	---	867,599195
Planta baja muro1	---	---	---	---	---	---	---
Planta baja muro2	395,9972581	690,24	768,29	817,93	842,75	---	867,599195
Techos	417,7374938	452,25	476,79	765,27	820,35	844,59	909,193337
Garaje	---	---	---	---	---	---	---
Solera	---	---	---	---	---	---	---

Tabla 2.35: Distribución de temperaturas a lo largo del espesor de una pared

Se tendrán que llevar a cabo unos últimos cálculos para hallar las presiones de saturación en cada capa de los cerramientos, ya que no se averiguan igual que para el exterior de un material, las ecuaciones tendrán esta forma:

$$P_i = \phi_i \cdot P_{sat}(\theta_i)$$

$$P_e = \phi_e \cdot P_{sat}(\theta_e)$$

En cambio para las presiones de saturación para cada elemento del cerramiento deberemos utilizar estas expresiones donde los valores solo dependerán de la temperatura en cada capa.

Si la temperatura es mayor o igual a 0°C:

$$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}}$$

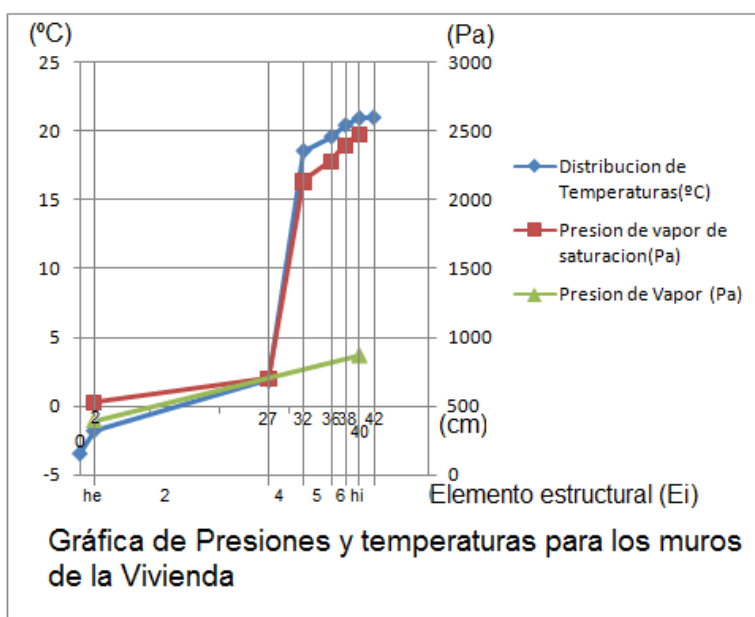
Si la temperatura es menor que 0°C, entonces:

$$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{21,878 \cdot \theta}{266,8 + \theta}}$$

Por último se recopilarán todos los datos contenidos en las tablas y veremos gráficamente los resultados para observar mejor los resultados.

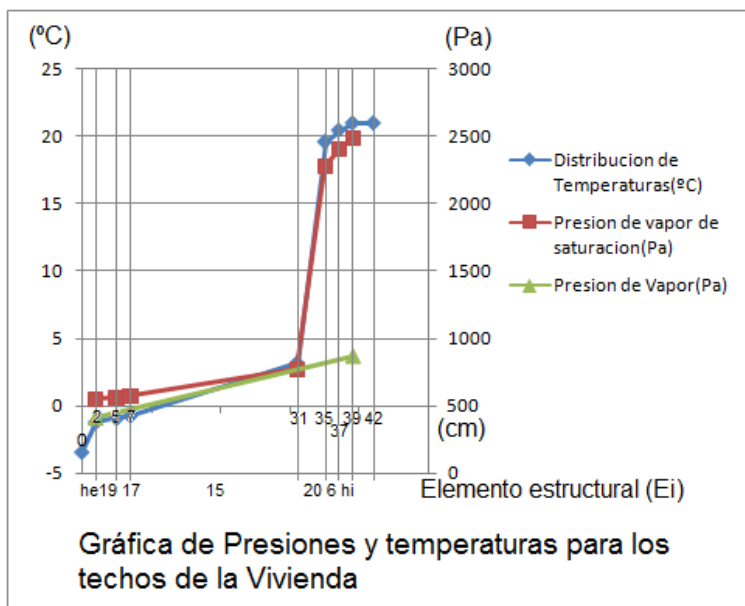
Tenemos dos tipos de cerramientos que dan al aire exterior, los Muros y el Techo, los muros de la vivienda tienen la misma composición por lo que se estudiarán con la misma grafica. En cambio los techos los estudiaremos aparte.

La grafica para los muros es la siguiente:



Grafica 2.6: Grafica de presiones y temperaturas para los muros de la vivienda

La grafica para los techos es la que sigue:



Grafica 2.7: Grafica de presiones y temperaturas para los techos de la vivienda

Observamos como en ningún momento las presiones de vapor superan las presiones de saturación, porque en ese caso tendríamos condensaciones en el muro.

2.5.2 Comprobación de la limitación de la demanda:

Dado que en los apartados anteriores se han calculado los parámetros característicos de la vivienda, lo que se va a llevar a cabo en este apartado es comprobar que los parámetros calculados por los métodos descritos se adecuan a la limitación de la demanda.

Para ello resumiremos todos los datos en unas fichas que nos ayudarán a estudiar los parámetros característicos medios que serán los que se utilicen para comparar con los valores límite. El estudio de transmitancias térmicas se hará mediante lo que el CTE denomina Ficha 1.

Comenzaremos para Verano:

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios para Verano:

ZONA CLIMÁTICA		Zona de baja carga interna <input type="checkbox"/>		Zona de alta carga interna <input type="checkbox"/>	
MUROS ($U_{m,m}$) y ($U_{t,m}$)					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °K)	A · U (W/°K)	Resultados
Z	Muro Planta Baja	25,73	0,47	12,30	$\Sigma A = 47,55$ $\Sigma A \cdot U = 23,64$ $U_{m,m} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,49$
	Muro Planta Primera	21,82	0,52	11,34	
W	Muro Planta Baja	31,73	0,47	15,16	
	Muro Planta Primera	10,35	0,52	5,38	
O	Muro Planta Baja	24,91	0,47	11,70	$\Sigma A = 36,14$ $\Sigma A \cdot U = 17,53$ $U_{m,m} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,48$
	Muro Planta Primera	11,23	0,52	5,83	
S	Muro Planta Baja	32,56	0,47	15,30	
	Muro Planta Primera	19,70	0,52	10,24	
SE					$\Sigma A =$ $\Sigma A \cdot U =$ $U_{m,m} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$
SO					
C-TER					$\Sigma A =$ $\Sigma A \cdot U =$ $U_{t,m} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$
SUELOS ($U_{s,m}$)					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °K)	A · U (W/°K)	Resultados
Suelo P.B* (S2)		104,10	1,27	132,20	$\Sigma A = 104,10$ $\Sigma A \cdot U = 132,20$ $U_{s,m} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 1,27$
CUBIERTAS Y LUCERNARIOS ($U_{c,m}$, $F_{L,m}$)					
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °K)	A · U (W/°K)	Resultados
Cubierta (C1)		157,20	0,53	83,31	$\Sigma A = 158,18$ $\Sigma A \cdot U = 85,29$ $U_{c,m} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,54$
Lucernario (L)		0,98	2,03	1,98	
Tipos		A (m ²)	F	A · F (m ²)	Resultados
Lucernario (L)		0,98	0,30	0,29	$\Sigma A = 0,98$ $\Sigma A \cdot F = 0,29$ $F_{L,m} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A = 0,30$

Tabla 2.36: Cálculo de parámetros característicos para Verano (fuente: “Manual de climatización” Pinazo Ojer)



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

Para invierno:

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios para Invierno:

ZONA CLIMÁTICA		D3	Zona de baja carga interna <input type="checkbox"/>		Zona de alta carga interna <input type="checkbox"/>	
MUROS ($U_{m,m}$) y ($U_{t,m}$)						
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °K)	A · U (W/°K)	Resultados	
Z	Muro Planta Baja	25,73	0,47	12,30	$\Sigma A =$	47,55
	Muro Planta Primera	21,82	0,52	11,34	$\Sigma A \cdot U =$	23,64
					$U_{m,m} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$	0,49
W	Muro Planta Baja	31,73	0,47	15,16	$\Sigma A =$	42,08
	Muro Planta Primera	10,35	0,52	5,38	$\Sigma A \cdot U =$	20,54
					$U_{m,m} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$	0,48
O	Muro Planta Baja	24,91	0,47	11,70	$\Sigma A =$	36,14
	Muro Planta Primera	11,23	0,52	5,83	$\Sigma A \cdot U =$	17,53
					$U_{m,m} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$	0,48
S	Muro Planta Baja	32,56	0,47	15,30	$\Sigma A =$	52,26
	Muro Planta Primera	19,70	0,52	10,24	$\Sigma A \cdot U =$	25,54
					$U_{m,m} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$	0,49
SE					$\Sigma A =$	
					$\Sigma A \cdot U =$	
					$U_{m,m} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$	
SO					$\Sigma A =$	
					$\Sigma A \cdot U =$	
					$U_{m,m} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$	
C-TER					$\Sigma A =$	
					$\Sigma A \cdot U =$	
					$U_{t,m} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$	
SUELOS ($U_{s,m}$)						
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °K)	A · U (W/°K)	Resultados	
Suelo P.B ^a (S2)		104,10	1,07	111,38	$\Sigma A =$	104,10
					$\Sigma A \cdot U =$	111,38
					$U_{s,m} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$	1,07
CUBIERTAS Y LUCERNARIOS ($U_{c,m}$, $F_{L,m}$)						
Tipos		A (m ²)	U (W/m ² °K)	A · U (W/°K)	Resultados	
Cubierta (C1)		157,20	0,55	86,46	$\Sigma A =$	158,18
Lucernario (L)		0,98	2,03	1,98	$\Sigma A \cdot U =$	88,44
					$U_{c,m} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$	0,56
Tipos		A (m ²)	F	A · F (m ²)	Resultados	
Lucernario (L)		0,98	0,30	0,29	$\Sigma A =$	0,98
					$\Sigma A \cdot F =$	0,29
					$F_{L,m} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$	0,30

Tabla 2.37 Cálculo de parámetros característicos para Invierno (fuente: “Manual de climatización” Pinazo Ojer)

Por último se tiene la ficha 2, que compara definitivamente los datos obtenidos medios con los valores de las transmitancias máximas admisibles.

FICHA 2 CONFORMIDAD- Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA	D3	Zona de baja carga interna <input checked="" type="checkbox"/>	Zona de alta carga interna <input type="checkbox"/>
-----------------------	----	---	--

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica	$U_{\text{max}}(\text{proyecto})^{(1)}$	$U_{\text{max}}^{(2)}$
Muros de fachada	0,52	≤ 0,86
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto con el terreno	---	
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables	---	
Suelos	---	≤ 0,64
Cubiertas	0,55	≤ 0,49
Vidrios y marcos de huecos y lucernarios	2,19	≤ 3,50
Medianerías	---	≤ 1,00
Particiones interiores (edificios de viviendas) ⁽³⁾	1,20	≤ 1,2 W/m ² K

MUROS DE FACHADA		
	$U_{\text{Min}}^{(4)}$	$U_{\text{Min}}^{(5)}$
N	0,49	≤ 0,66
E	0,48	
O	0,48	
S	0,49	
SE	---	
SO	---	

HUECOS			
	$U_{\text{Hm}}^{(4)}$	$U_{\text{Hm}}^{(5)}$	
≤	2,15	3,0	≤
	2,02	3,5	
	2,02	3,5	
≤	2,02	3,5	≤
	---	3,5	
	---	3,5	

CERR. CONTACTO TERRENO	
$U_{\text{Tm}}^{(4)}$	$U_{\text{Tm}}^{(5)}$
---	≤ 0,66

SUELOS	
$U_{\text{Sm}}^{(4)}$	$U_{\text{Sm}}^{(5)}$
1,20	≤ 0,49

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS	
$U_{\text{Cm}}^{(4)}$	$U_{\text{Cm}}^{(5)}$
0,56	≤ 0,38

LUCERNARIOS	
F_{Lm}	$F_{\text{Lm}}^{(5)}$
0,30	≤ 0,28

- (1) $U_{\text{max}}(\text{proyecto})$ corresponde al mayor valor de la transmitancia de los cerramientos o particiones interiores indicados en proyecto.
 (2) U_{max} corresponde a la transmitancia térmica máxima definida en la tabla 2.1 para cada tipo de cerramiento o partición interior.
 (3) En edificios de viviendas, $U_{\text{max}}(\text{proyecto})$ de particiones interiores que limiten unidades de uso con un sistema de calefacción previsto desde proyecto con las zonas comunes no calefactadas.
 (4) Parámetros característicos medios obtenidos en la ficha 1.
 (5) Valores límite de los parámetros característicos medios definidos en la tabla 2.2.

FICHA 3 CONFORMIDAD-Condensaciones

CERRAMIENTOS, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TÉRMICOS										
Tipos	C. superficiales		C. intersticiales							
	$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,lim}$	$P_n \leq P_{n,lim}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5	Capa 6	Capa 7	
Muro 1ªPlanta	f_{Rsi}	0,87	$P_{n,lim}$	699,80	2138,67	2281,26	2402,60	----	----	----
	$f_{Rsi,lim}$	0,45	P_n	690,24	768,29	817,93	842,75	----	----	----
Muro P.Baja (tipo 1)	f_{Rsi}	0,88	$P_{n,lim}$	No se evalua por ser una particion con pantalla de vapor						
	$f_{Rsi,lim}$	0,45	P_n							
Muro P.Baja (tipo 2)	f_{Rsi}	0,88	$P_{n,lim}$	699,80	2138,67	2281,26	2402,60	----	----	----
	$f_{Rsi,lim}$	0,45	P_n	690,24	768,29	817,93	842,75	----	----	----
Cubierta	f_{Rsi}	0,86	$P_{n,lim}$	570,61	579,81	780,45	2379,23	2513,28	----	----
	$f_{Rsi,lim}$	0,45	P_n	452,25	476,79	765,27	820,35	844,59	----	----
Suelo P.Bª	f_{Rsi}	$P_{n,lim}$	No se evalua por ser una particion interior colindante con un espacio no habitable.							
	$f_{Rsi,lim}$	P_n								
	f_{Rsi}	$P_{n,lim}$								
	$f_{Rsi,lim}$	P_n								
	f_{Rsi}	$P_{n,lim}$								
	$f_{Rsi,lim}$	P_n								
	f_{Rsi}	$P_{n,lim}$								
	$f_{Rsi,lim}$	P_n								

Tabla 2.39: Ficha de Conformidad (fuente: “Manual de climatización” Pinazo Ojer)

Observamos que todos los cerramientos cumplen la norma exceptuando los huecos. Siempre se busca cumplir la norma pero en este caso podríamos argumentar que el edificio es de antigua construcción y estas normas son anteriores a su construcción.

Podríamos pensar que tampoco se cumple para los suelos ya que observamos que se sobrepasan los límites de forma amplia para este caso, pero no es así ya que este suelo se encuentra sobre un local no calefactado por lo que su tolerancia a la transmisión de calor está tipificada diferente, algo que no se tiene en cuenta en la anterior ficha, ficha 2. Para ello observamos la siguiente tabla que obtenemos del “Manual de climatización” de Pinazo Ojer.

	ZONA CLIMÁTICA			
	V y W	X	Y	Z
Cerramientos exteriores				
- Cubiertas	1,20 (1,4)	1,03 (1,2)	0,77 (0,9)	0,60 (0,7)
- Fachadas ligeras <200 kg/m ²	1,03 (1,2)	1,03 (1,2)	1,03 (1,2)	1,03 (1,2)
- Fachadas pesadas >200 kg/m ²	1,55 (1,8)	1,38 (1,6)	1,20 (1,4)	1,20 (1,4)
- Forj. sobre esp. abiertos	0,86 (1,0)	0,77 (0,9)	0,69 (0,8)	0,60 (0,7)
Cerramientos con locales no calefactados				
- Paredes	1,77 (2,0)	1,55 (1,8)	1,38 (1,6)	1,38 (1,6)
- Suelos y techos	— (—)	1,20 (1,4)	1,03 (1,2)	1,03 (1,2)

TABLA 7.9. Valores máximos Coef. de transmisión térmica. kcal/h m² °C (W/m² °C)

Tabla 2.40: Valores máximos del coef. de transmisión térmica (fuente: “Manual de climatización” Pinazo Ojer)

Vemos que esta vez sí que cumple ya que pone claramente que para la zona climática Y, que es la que corresponde a Madrid, como ya vimos en el Capítulo 1 en la sección “Datos del emplazamiento”, la transmitancia térmica en W/m²°C ha de ser de 1,2. Que es justo la que tenemos nosotros.

2.5.3 Cálculo del Coeficiente global del edificio, KG:

Para concluir con este capítulo 2 de “Cálculo de necesidades de la instalación” se llevará a cabo el cálculo del Coeficiente Global del edificio.

Este coeficiente tiene sentido físico solo cuando se trata de instalaciones de calefacción ya que nos indica de forma resumida la potencialidad del edificio a perder energía en invierno, y se define de esta forma:

$$K_G = \frac{\sum K_E A_E + 0,5 \sum K_N A_N + 0,8 \sum K_Q A_Q + 0,5 \sum K_F A_F}{\sum A_E + \sum A_N + \sum A_Q + \sum A_F}$$

Donde:

K_N : Coeficiente global de transmisión de calor de los cerramientos en contacto con el exterior (W/m²°C)

K_N : Coeficiente global de transmisión de calor de los cerramientos en contacto con otros edificios o locales no calefactados (W/m²°C)

K_Q : Coeficiente global de transmisión de calor de los cerramientos de techo o cubierta (W/m²°C)



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

K_S : Coeficiente global de transmisión de calor de los cerramientos de separación con el terreno ($W/m^2\text{°C}$)

$A_{E,N,Q,S}$: serán las respectivas áreas de los cerramientos (m^2)

Los valores máximos se deben obtener mediante esta expresión:

$$K_{G\max} = CZC \left(3 + \frac{V}{ST} \right)$$

Donde: ST: es la superficie total del edificio (m^2)

V: Volumen del edificio (m^3)

CZC: Coeficiente que depende de la zona climática y del tipo de energía utilizada para calefacción: en nuestro caso combustibles líquidos (gasóleo) y la zona climática D.

Mediante tablas hallaremos esta CZC:

	ZONA CLIMÁTICA				
	A	B	C	D	E
Combustibles sólidos, líquidos o gaseosos	0,30 (0,35)	0,23 (0,27)	0,20 (0,23)	0,18 (0,21)	0,17 (0,20)
Sin calefacción o con energía eléctrica	0,30 (0,35)	0,20 (0,23)	0,15 (0,17)	0,13 (0,15)	0,11 (0,13)

TABLA 7.10. Coeficiente CZC en $kcal/h\ m^2\ \text{°C}$ ($W/m^2\ \text{°C}$)

Para edificios cuya relación ST/V sea inferior a 0,25, se tomará esta relación como 0,25; y por el contrario en edificios cuya relación ST/V sea superior a 1, se tomará dicha relación como 1, por tanto los valores extremos del coeficiente $K_{G\max}$ serán :

		ZONA CLIMÁTICA				
		A	B	C	D	E
Combustibles sólidos, líquidos o gaseosos	ST/V<0,25	2,10 (2,45)	1,61 (1,89)	1,40 (1,61)	1,26 (1,47)	1,19 (1,40)
	ST/V>1	1,20 (1,40)	0,92 (1,08)	0,80 (0,92)	0,72 (0,84)	0,68 (0,80)
Sin calefacción o con energía eléctrica	ST/V<0,25	2,10 (2,45)	1,40 (1,61)	1,05 (1,19)	0,91 (1,05)	0,77 (0,91)
	ST/V>1	1,20 (1,40)	0,80 (0,92)	0,60 (0,68)	0,52 (0,60)	0,45 (0,52)

TABLA 7.11. Valores extremos de $K_{G\max}$ en $kcal/h\ m^2\ \text{°C}$ ($W/m^2\ \text{°C}$)

Tabla 2.41: Coeficiente CZC, y Valores extremos de K_G (fuente: “Manual de climatización” Pinazo Ojer”)

Tendremos pues una CZC= 0,21, y un valor de KG extremo de 0,84.

Resumiremos todos los resultados en las dos tablas siguientes, para verano e invierno:



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

La Tabla de KG para Invierno es la siguiente:

Cálculo de KG del Edificio Invierno	Elementos Constructivos		Superficie S (m2)	Coefficiente K kcal/hm°C (W/m2°C)	S*K (kcal/h °C)	coef correc. N	n
Apartado E		<i>Tipo</i>	<i>SE</i>	<i>KE</i>	<i>SEKE</i>	<i>1</i>	
Cerramientos en contacto con el ambiente exterior	Huecos exteriores verticales, puertas, ventanas	Puertas	3,92	1,97	7,72	1,00	7,72
		Ventanas Climalit	21,06	2,03	42,75	1,00	42,75
		Ventanas Primalit 'C'	15,48	2,19	33,90	1,00	33,90
	Cerramientos Verticales o inclinados mas de 60º con la horizontal	Muro Planta Alta (Pesado 500kg/m2)	63,10	0,48	30,18	1,00	30,18
		Muro Planta Baja (Pesado 500kg/m2)	114,94	0,52	59,86	1,00	59,86
	Forjados sobre espacios exteriores	----	----	----	----	----	----
Apartado N		<i>Tipo</i>	<i>SE</i>	<i>KE</i>	<i>SEKE</i>	<i>0,5</i>	
Cerramientos de separacion con otros edificios o con locales no calefactados	Cerramientos verticales de separacion con locales no calefactados o medianerías	----	----	----	----	----	----
	Forjados sobre espacios cerrados no calefactados de altura >1m	Solera Planta Baja (Pesado 500kg/m2)	104,10	1,07	111,39	0,50	55,69
	Huecos, puertas, ventanas	---	----	----	----	----	----
Apartado Q		<i>Tipo</i>	<i>SE</i>	<i>KE</i>	<i>SEKE</i>	<i>0,8</i>	
Cerramientos de techo o cubierta	Huecos, lucernarios, claraboyas	Lucernario	0,98	2,03	1,99	0,80	1,59
	Azoteas	---	----	----	----	----	----
	Cubiertas inclinadas menos de 60º de la horizontal	Techo (Normal Pesado 500kg/m2)	157,19	0,55	86,92	0,80	69,54
Apartado S		<i>Tipo</i>	<i>SE</i>	<i>KE</i>	<i>SEKE</i>	<i>0,5</i>	
Cerramientos de separación con el terreno	Soleras	Solera Garaje	---	---	---	---	---
	Forjados sobre camara de aire de altura < 1m	---	----	----	----	----	----
	Muros enterrados o semienterrados	Muros Garaje (Pesado 500kg/m2)	---	---	---	---	---
		Total Superficies	480,77			Total	301,24
Exigencia de la norma (Art.4º)	Superficie total	Volumen total	actor de forma (m-1)	CZC	KG extremo Ff<0,25	KG extremo Ff>1	KG max
	480,77	590,25	0,81	0,21	0,84	1,26	0,89
Cumplimiento de la exigencia de la Norma	KG del edificio						
	0,63						

Tabla 2.42: Calculo de K_G para Invierno

Podemos observar como cumple la norma: 0,63<0,89



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

Cálculo de KG del Edificio Verano	Elementos Constructivos		Superficie S (m2)	Coficiente K kcal/hm²C (W/m²°C)	S*K (kcal/h °C)	coef correc. N	n
Apartado E		<i>Tipo</i>	<i>SE</i>	<i>KE</i>	<i>SEKE</i>	<i>1</i>	
Cerramientos en contacto con el ambiente exterior	Huecos exteriores verticales, puertas, ventanas	Puertas	3,92	1,97	7,72	1,00	7,72
		Ventanas Climait	21,06	2,03	42,75	1,00	42,75
		Ventanas Primalit 'C'	15,48	2,19	33,90	1,00	33,90
	Cerramientos Verticales o inclinados mas de 60º con la horizontal	Muro Planta Alta (Pesado 500kg/m2)	63,10	0,48	30,18	1,00	30,18
		Muro Planta Baja (Pesado 500kg/m2)	114,94	0,52	59,86	1,00	59,86
	Forjados sobre espacios exteriores	----	----	----	----	----	----
Apartado N		<i>Tipo</i>	<i>SE</i>	<i>KE</i>	<i>SEKE</i>	<i>0,5</i>	
Cerramientos de separacion con otros edificios o con locales no calefactados	Cerramientos verticales de separacion con locales no calefactados o medianerías	----	----	----	----	----	----
	Forjados sobre espacios cerrados no calefactados de altura >1m	Solera Planta Baja (Pesado 500kg/m2)	104,10	1,28	133,14	0,50	66,57
	Huecos, puertas, ventanas	---	----	----	----	----	----
Apartado Q		<i>Tipo</i>	<i>SE</i>	<i>KE</i>	<i>SEKE</i>	<i>0,8</i>	
Cerramientos de techo o cubierta	Huecos, lucernarios, claraboyas	Lucernario	0,98	2,03	1,99	0,80	1,59
	Azoteas	---	----	----	----	----	----
	Cubiertas inclinadas menos de 60º de la horizontal	Techo (Normal Pesado 500kg/m2)	157,19	0,54	84,41	0,80	67,53
Apartado S		<i>Tipo</i>	<i>SE</i>	<i>KE</i>	<i>SEKE</i>	<i>0,5</i>	
Cerramientos de separación con el terreno	Soleras	Solera Garaje	---	---	---	---	---
	Forjados sobre camara de aire de altura < 1m	---	----	----	----	----	----
	Muros enterrados o semienterrados	Muros Garaje (Pesado 500kg/m2)	---	---	---	---	---
		Total Superficies	480,77			Total	310,11
Exigencia de la norma (Art.4º)	Superficie total	Volumen total	factor de forma (m-1)	CZC	KG extremo Ff<0,25	KG extremo Ff>1	KG max
	480,77	590,25	0,81	0,21	0,84	1,26	0,89
Cumplimiento de la exigencia de la Norma	KG del edificio						
	0,65						

Tabla 2.43: Calculo de K_G para Verano

Podemos observar como también cumple la norma: 0,65<0,89

Así pues podemos afirmar que el edificio no está mal acondicionado para llevar a cabo una instalación de ahorro energético ya que su coeficiente KG o coeficiente global del edificio está dentro de los parámetros apropiados para una instalación de estas características.



CAPITULO 3:

Elección del sistema de captación



3.1 Introducción:

Este capítulo tiene por objetivo la elección del captador solar idóneo para la instalación que se está diseñando, para ello se llevará a cabo un estudio de cobertura y más adelante en base a datos económicos se elaborará un estudio de viabilidad. Se llevarán a cabo 2 estudios análogos, uno para la Instalación de ACS y otro para la de calefacción. Se utilizarán los datos ya obtenidos de los capítulos anteriores sobre la demanda de la vivienda.

Respecto a los datos económicos utilizados para poder llevar a cabo un estudio de viabilidad, se ha decidido utilizar una aproximación en los cálculos por dos razones. Primero, porque el estudio es tan amplio que sería inviable realizarlo en un proyecto de estas características, para explicarlo más claramente, el presente estudio va a consistir en comparar hasta 105 posibles instalaciones ya que tenemos 7 tipos de colectores distintos con sus características únicas, y se irán comparando sus coberturas y precios de instalación variando el número de colectores desde 1 colector hasta 15. Y segundo, el objetivo de este estudio es comparar colectores solares no los precios de las instalaciones.

Aun así, se llevará a cabo una aproximación que se ha tomado de referencia el libro de “Monografías técnicas de energías renovables” en concreto “Energía Solar Térmica de baja temperatura” de M.Castro Gil y A.Colmenar Santos. En dicho libro, en el apartado de Aspectos Económicos se establece como una buena aproximación de costes la siguiente.

Dentro del coste total de la instalación solar, se suele invertir un 30% en los colectores solares, otro 30% en depósitos, bomba, tuberías etc. y el 40% restante se destinaría al montaje y otros gastos indirectos.

Para terminar este Capítulo 3, una vez hallado el captador idóneo y su número óptimo se concretará el diseño básico del sistema de captación como se indicó en el Capítulo 1 “Criterios generales de diseño”.

3.2 Comparación de distintos captadores solares:

El motivo de este proyecto es el de llevar a cabo un estudio económico y prestacional de diversos colectores que están actualmente en el mercado, y realizar una instalación solar con el más apropiado según la vivienda y sus necesidades. La instalación englobará la producción de ACS y calefacción.

Se han elegido una amplia gama de colectores, en concreto siete serán los que sometamos a estudio.

Los colectores serán, los siguientes:

Se han elegido estos por diversos factores:

En primer lugar por tipo de tecnología empleada, la mayoría, es decir cinco de los siete son colectores planos ya que son más acordes a lo real para instalaciones de este tipo, viviendas unifamiliares con pequeñas demandas. Los colectores de tubo vacío, uno de alta gama (Viessmann Vitosol 300T) con tecnología HeatPipe y otro de gama más baja (Ibersolar CPC-12), se han elegido así para poder comparar entre ellos los factores solares. Y otro punto



importante será observar si para calefacción son viables y aun siendo menos económicos por unidad que los captadores planos, si sus grandes aportes puedan llegar a ser viables con cargas elevadas.

En segundo lugar en los captadores planos por gama. Se han intentado escoger de forma que representen todas las gamas que pueda haber en el mercado, gama baja como puede ser los colectores Promasol Titanio V-1 , gama media como los colectores Ibersolar OPS-210V y el colector Isotherm Plus , y por último la gama alta representada por los colectores Viessmann , Vitosol 300F y Vitosol 100s2,5 , siendo este ultimo un colector más grande de lo habitual con unos rendimientos semejantes a los conseguidos con los colectores de tubos de vacío.

De forma general y para una elección óptima del captador solar plano se han de tener en cuenta las siguientes características: (fuente: Curso de experto profesional en energía solar térmica)

- Durabilidad y rendimiento, establecida en ensayos realizados por laboratorios homologados y de prestigio. Hay que buscar un producto que posea un buen rendimiento energético que se mantenga durante el tiempo de vida de la instalación.
- Facilidad de montaje y manipulación . De este modo, es posible reducir en gran medida los costes de mano de obra de instalación, mantenimiento y posibles cambios.
- Garantía y servicio post-venta del fabricante y/o instalados , que evite trastornos al instalador o al cliente cuando sea necesario proceder a una reclamación por defectos de fabricación y/o instalación
- Además un captador de calidad requiere una serie de características mínimas que debe cumplir, independientemente de la curva de homologación que haya recibido por parte del organismo certificador, como son:
 - a) La cubierta transparente debe de ser de vidrio, preferentemente templado, de bajo contenido en hierro y de espesor no inferior a 3 mm.
 - b) El captador presentara, al menos, un orificio de ventilación, con un diámetro no inferior a 4mm, situado en la parte inferior, que permita eliminar la presencia de condensaciones en la superficie inferior del vidrio.
 - c) Se emplearan , preferiblemente, captadores con una única cubierta de vidrio
 - d) El diseño de la carcasa debe permitir que se elimine fácilmente la posible existencia de agua en el interior del captador, que se puede degradar y corroer el aislamiento y el absorbedor.
 - e) Durabilidad, que permita un funcionamiento superior a los 20 años. Hay que prestar una particular atención a la degradación del absorbedor por envejecimiento.

3.2.1 Captadores a comparar:

A continuación uno a uno se describirán las características principales de los captadores objeto del estudio. Para consultar las características completas de los captadores proporcionadas por los fabricantes se ha de consultar los Anexos.

Las características principales serán dimensionales, se adjuntarán también, si la proporciona el fabricante, las curvas de eficiencia o en su defecto los valores de la ecuación del rendimiento del colector y por último se hará referencia al precio que tiene actualmente en el mercado.

3.2.1.1 Isofotón Isotherm Plus:

Características esenciales: 580 euros/unidad

Area útil: 2,205 m²

Dimensiones exteriores: 2278x1075x110 mm

Rendimiento óptico: 77,3%

K1: 3,243 W/m²K

K2: 0,014 W/m²K²

Coefficiente de pérdidas, m: 3,468 W/m²K

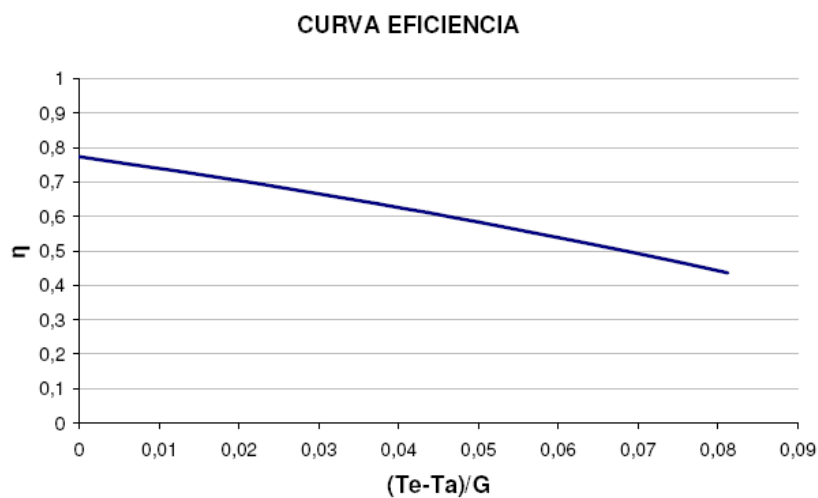


Grafico 3.1: Curva de eficiencia : (fuente: Isofoton)

3.2.1.2 Promasol Titanio V-1:

Características esenciales: 508 euros/unidad

Area útil: 1,88m²

Dimensiones exteriores: 2000x1000x88 mm

Rendimiento óptico: 74%

K1: no se disponen datos

K2: no se disponen datos

Coefficiente de pérdidas, m : 4,9W/m²K

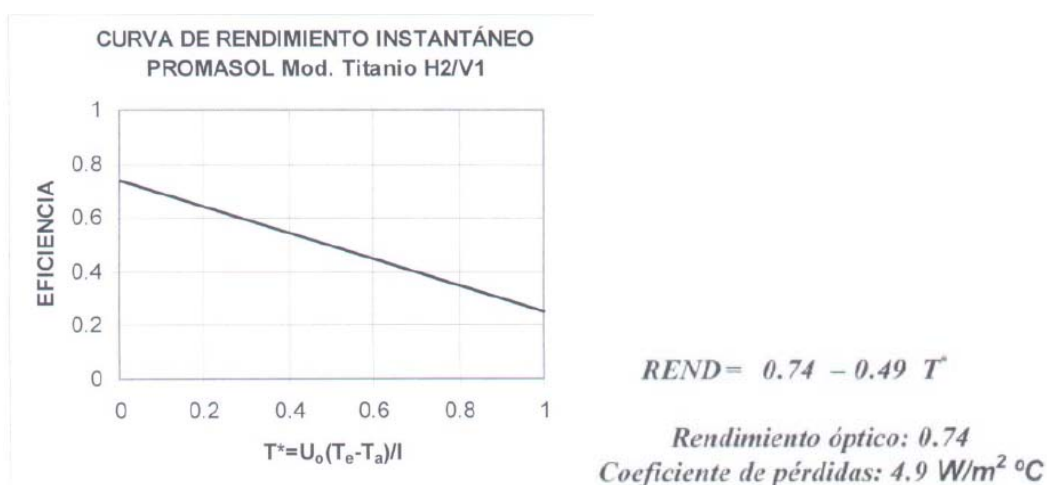


Grafico 3.2: Curva de eficiencia : (fuente: Promasol)

3.2.1.3 Ibersolar OPS-210V:

Características esenciales: 610 euros/unidad

Area útil: 1,92 m²

Dimensiones exteriores: 2030x1030x92,5 mm

Rendimiento óptico: 78,6%

K1: 3,62 W/m²K

K2: no se dispone

Coefficiente de pérdidas, m : 4,25 W/m²K

CURVAS DE RENDIMIENTO DEL CAPTADOR PLANO VERTICAL SELECTIVO
OPS-V210 *

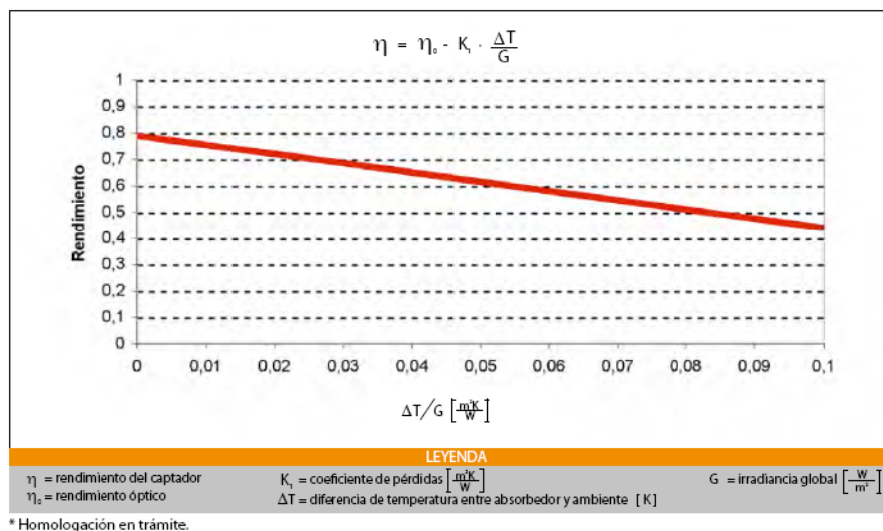


Grafico 3.3: Curva de eficiencia : (fuente: Ibersolar)

3.2.1.4 Vitosol 300F:

Características esenciales: 1070 euros/unidad

Area útil: 2,33 m²

Dimensiones exteriores: 2380x1056x90 mm

Rendimiento óptico: 84%

K1: 3,86 W/m²K

K2: 0,0139 W/m²K²

Coeficiente de pérdidas, m: 4,277 W/m²K

Viessmann no pone a disposición de los clientes las curvas de rendimiento

3.2.1.5 Vitosol 100s 2,5:

Características esenciales: 1200 euros/unidad

Area útil: 2,5 m²

Dimensiones exteriores: 2385x1138x102 mm

Rendimiento óptico: 84%

K1: 3,36 W/m²K

K2: 0,013 W/m²K²

Coeficiente de pérdidas, m: 3,75 W/m²K

Viessmann no pone a disposición de los clientes las curvas de rendimiento

3.2.1.6 Ibersolar CPC-12:

Características esenciales: 1110 euros/unidad

Area útil: 2 m²

Dimensiones exteriores: 1640x1390x100 mm

Rendimiento óptico: 64%

K1: 1,232 W/m²K

K2: no se dispone

Coeficiente de pérdidas, m : 1,447 W/m²K

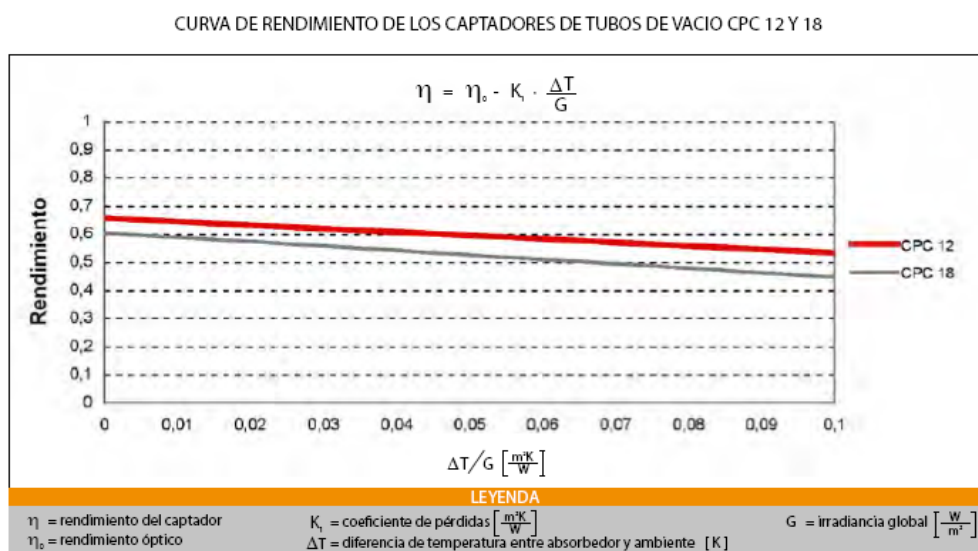


Grafico 3.4: Curva de eficiencia : (fuente: Ibersolar)

3.2.1.7 Vitosol 300T:

Características esenciales: 1400 euros/unidad

Area útil: 2,11 m²

Dimensiones exteriores: 2031x1418x143 mm

Rendimiento óptico: 81,5%

K1: 1,43 W/m²K

K2: 0,0076 W/m²K²

Coeficiente de pérdidas, m : 1,658 W/m²K



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

Viessmann no pone a disposición de los clientes las curvas de rendimiento

Resumimos en la siguiente tabla las características de todos los colectores para dar una visión global:

	Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Sup. Util (m ²)	Rendimiento óptico (%)	K1 (W/m ² K)	K2 (W/m ² K ²)	Coef. Pérdidas (W/m ² K)
Isotherm Plus	2278	1075	110	2,205	77,3	3.243	0,014	3,468
Promasol Titanio V-1	2000	1000	88	1,88	74	----	----	4,9
Ibersolar OPS-210V	2030	1030	92,5	1,92	78,6	3,62	----	4,25
Vitosol 300-F	2380	1056	90	2,33	84	3,86	0,0139	4,277
Vitosol 100 s2,5	2385	1138	102	2,5	84	3,36	0,013	3,75
Ibersolar CPC-12	1640	1390	100	2	64	1,232	----	1,447
Vitosol 300T	2031	1418	143	2,11	81,5	1,43	0,0076	1,658

Tabla3.1: Características generales de los captadores

3.2.2 Método de cálculo F-chart:

El método de cálculo F-chart será el método empleado para hallar las cobertura de ACS y calefacción que se darán durante todo el año

F-chart es un método para dimensionar la superficie de captación en un sistema solar térmico ampliamente aceptado, propuesto por Beckman (1982) y conocido como “método de las curvas-f”. Aunque el método no ha sido propuesto para hacer estimaciones semanales, y menos aun diarias, es suficientemente exacto para estimaciones de periodo largo. Para desarrollarlo son necesarios datos meteorológicos medios mensuales. Su aplicación sistemática consiste en identificar las variables adimensionales del sistema de calentamiento solar y utilizar las expresiones que definen las curvas-f para determinar el rendimiento medio del sistema para un dilatado periodo de tiempo. Las variables de partida del método serán:



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

- Tipo de colector
- Area del colector
- Curva de eficiencia
- Capacidad de almacenamiento
- Caudal de trabajo
- Cargas térmicas
- Variables climatológicas

3.2.2.1 Procedimiento de cálculo:

El procedimiento seguido se puede desglosar en los siguientes pasos:

- Valoración de las cargas caloríficas para el calentamiento de agua destinada a la producción de agua caliente sanitaria y a calefacción.(ya se ha realizado en el Capítulo 2)
- Evaluación de la radiación solar incidente en la superficie inclinada del sistema de captación. (los cálculos se encuentran en el ANEXO II)
- Cálculo del parámetro adimensional D1.
- Cálculo del parámetro adimensional D2.
- Determinación de la curva-f.
- Valoración de la cobertura mensual con energía solar.
- Determinación del porcentaje anual cubierto por la energía solar.

La ecuación utilizada para este método será la siguiente:

$$f = 1,029D_1 - 0,065D_2 - 0,245D_1^2 + 0,0018D_2^2 + 0,0215D_1^3$$

Los datos de la demanda de ACS y calefacción ya se calcularon en el Capítulo 2 , y se resumen en la siguiente tabla:



MEMORIA

Necesidades Energeticas	Qa (kJ)	Qa calef [KJ]	Qtotal (kJ)
Enero	1261626,84	32518179,89	33779806,73
Febrero	1118431,44	26194911,72	27313343,16
Marzo	1191536,46	24198553,19	25390089,65
Abril	1107880,2	21066886,39	22174766,59
Mayo	1121446,08	16851094,4	17972540,48
Junio	1062660,6	0	1062660,6
Julio	1074719,16	0	1074719,16
Agosto	1098082,62	0	1098082,62
Septiembre	1085270,4	0	1085270,4
Octubre	1144809,54	16323480,5	17468290,04
Noviembre	1153099,8	21783452,23	22936552,03
Diciembre	1261626,84	23893456,15	25155082,99
ANUAL	13681190	182830014,5	196511204,5

Tabla 3.2: Necesidades Energéticas

Habiendo calculado ya los dos primeros pasos, empezaremos definiendo el cálculo de los parámetros adimensionales, nos apoyaremos en el “Pliego de condiciones Técnicas”.

Los resultados para la radiación inclinada incidente sobre los captadores será la siguiente:

Sol	MJ/m2
Enero	9447
Febrero	13568
Marzo	15368
Abril	18424
Mayo	18183
Junio	19505
Julio	22620
Agosto	22869
Septiembre	19942
Octubre	15846
Noviembre	11550
Diciembre	8968

Tabla 3.3: Radiación solar en el plano inclinado (20°)

NOTA: el estudio de inclinación optima se encuentra más adelante en este Capítulo , en el apartado de “Diseño del sistema de captación”.

- **Parámetro D1:**

Este parámetro expresa la relación entre la energía absorbida por la placa del captador plano y la carga calorífica total de calentamiento durante un mes, y tiene la esta forma

$$D_1 = \frac{E_a}{Q_T}$$

Siendo E_a , la energía absorbida por el captador tal que:

$$E_a = S_c F_r'(\tau\alpha) R_i N$$

Conviene explicar los siguiente términos de la ecuación:

S_c : Superficie del captador (m^2): (dependerá de la cantidad de colectores utilizados)

R_i : Radiación diaria mensual incidente sobre la superficie del captador por unidad de area (kJ/m^2): (estos datos se tienen en la tabla anterior)

N : Numero de días del mes:

$F_r'(\tau\alpha)$: Factor adimensional, que viene dado por la expresión:

$$F_r'(\tau\alpha) = F_r(\tau\alpha)_n [(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n] (F_r'/F_r)$$

Donde a su vez,

$F_r(\tau\alpha)_n$: Factor de eficiencia óptica del captador (dependerá del captador utilizado)

$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$: Modificador al ángulo de incidencia; se tomara 0,96 por ser una superficie de vidrio simple

F_r'/F_r : Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador, se tomara el valor 0,95 de forma general

- **Parámetro D2:**

Este parámetro expresa la relación entre las pérdidas de energía del captador, para una determinada temperatura, y la carga calorífica de calentamiento durante un mes:

$$D_2 = \frac{E_p}{Q_T}$$

Siendo E_p , la energía perdida por el captador tal que:

$$E_p = S_c F_r' U_L (100 - t_a) \Delta t K_1 K_2$$

Conviene explicar los siguiente términos de la ecuación:

S_c : Superficie del captador (m^2):

$$F_r' U_L = F_r U_L (F_r'/F_r)$$

Donde a su vez,

$F_r U_L$: es la pendiente de la curva característica del captador (coeficiente global de pérdidas del captador)

t_a : Temperatura media mensual del ambiente:

Δt : Periodo de tiempo considerado en segundos (s)

K_1 : Factor de corrección por almacenamiento que se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

MEMORIA

$$K_1 = [kg \text{ de acumulación} / (755 \cdot t_a)]^{-0.25}$$

$$37,5 < [(kg \text{ de acumulación}) / (m^2)] < 300$$

K_2 : Factor de corrección para ACS y calefacción, que relaciona la temperatura mínima, la del agua de red y la media mensual ambiente, dado por la siguiente expresión:

$$K_2 = 11,6 + 1,18t_{ac} + 3,86t_r - 2,32t_a / (100 - t_a)$$

Donde:

t_{ac} : Temperatura de consumo de ACS (60°C)

t_r : Temperatura de red:

t_a : Temperatura media mensual del ambiente (Instituto nacional de meteorología)

Una vez obtenido D1 y D2 resolvemos la ecuación de f, y finalmente la energía útil captada cada mes, Q_u , tiene esta forma:

$$Q_u = f Q_a$$

Por último, para calcular la cobertura anual de la instalación se aplicará lo anteriormente descrito para todos los meses, y relacionando las coberturas mensuales y la carga calorífica obtenemos la siguiente expresión:

$$\text{cobertura solar anual} = \sum_{u=1}^{u=12} Q_{u \text{ necesaria}} / \sum_{u=1}^{u=12} Q_{a \text{ necesaria}}$$

3.2.3 Estudio de cobertura solar y selección óptima de numero de paneles para cada tipo de captador:

Este apartado se dividirá en dos estudios, por un lado el de ACS, y por otro el de ACS+calefacción. El primer estudio de ACS nos determinará el número de captadores y de qué tipo son los más viables económica y energéticamente. En el siguiente estudio se estudiarán la adición de un número de paneles para el apoyo a la calefacción y se mantendrán los paneles estudiados para ACS ya que serán los más viables para esa producción de energía.

3.2.3.1 Estudio de Cobertura de ACS mediante el método f-chart

Se estudiará cada tipo de colector por separado y se representarán en las tablas un rango de colectores. El óptimo para la producción de agua caliente sanitaria se hallará aplicando los tres principios expuesto previamente por el Pliego de Condiciones técnicas para instalaciones de baja temperatura (PCT). Estos son:

- La contribución solar mínima para este tipo de instalaciones ha de ser como mínimo la contemplada por el CTE: en nuestro caso un 60%.
- No se ha de sobrepasar el 110% de la demanda para ningún mes.
- Se podrá contribuir con el 100% de la demanda para un máximo de 3 meses seguidos.



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

Con estas tres directrices escogeremos el número de captadores más adecuado:

- Isoterm Isotherm Plus:

Isotherm PLUS			
Numero de colectores	1	2	3
Enero	0,241739326	0,406020684	0,522879809
Febrero	0,375944358	0,616643955	0,76474763
Marzo	0,441592201	0,708319572	0,855925167
Abril	0,543534823	0,838186201	0,969783344
Mayo	0,550837442	0,849964907	0,983234429
Junio	0,60690582	0,92326678	1,05075061
Julio	0,707982809	1,036967253	1,138059376
Agosto	0,707763465	1,043254947	1,151533485
Septiembre	0,612313986	0,933960221	1,065175472
Octubre	0,474021815	0,752457902	0,898195817
Noviembre	0,321323716	0,52993775	0,665356041
Diciembre	0,228394266	0,384751996	0,49752461
Cobertura ANUAL	47,7%	74,1%	86,9%
Precio	580	1160	1740

Tabla 3.4: Cobertura de ACS, Isotherm Plus

Observamos que 2 es el número óptimo para este tipo de colector

- Promasol Titanio V-1:

Promasol Titanio V-1					
Numero de colectores	1	2	3	4	5
Enero	0,175948481	0,291648772	0,377662031	0,448374338	0,514601196
Febrero	0,289801329	0,479370601	0,606412947	0,692178476	0,754277194
Marzo	0,345243384	0,562516279	0,69775644	0,779365388	0,831834067
Abril	0,432810239	0,685122114	0,820848902	0,88482263	0,917573088
Mayo	0,439946937	0,697277896	0,835160137	0,898401212	0,927690076
Junio	0,49097436	0,771149209	0,91086165	0,96346704	0,978549248
Julio	0,582363397	0,888818577	1,016004055	1,044143386	1,049829986
Agosto	0,583281901	0,895651541	1,029193519	1,060827402	1,064151292
Septiembre	0,4967449	0,782570409	0,926023009	0,97965796	0,992505502
Octubre	0,373254119	0,603903029	0,741939377	0,819655645	0,86539246
Noviembre	0,241537235	0,398578564	0,508540666	0,591011485	0,661594696
Diciembre	0,165243071	0,273958604	0,355388407	0,423050341	0,487003295
Cobertura ANUAL	37,8%	60,1%	72,4%	78,8%	82,8%
Precio	508	1016	1524	2032	2540

Tabla 3.5: Cobertura de ACS, Promasol Titanio V-1

En este caso tenemos hasta 3 configuraciones distintas que podrían utilizarse y serían válidas para esta instalación. Analizaremos las tres más adelante, en el estudio de viabilidad económica.



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

- Vitosol 300F:

Vitosol 300F			
Numero de colectores	1	2	3
Enero	0,26414036	0,433264933	0,54858244
Febrero	0,41293587	0,657185072	0,79299359
Marzo	0,48430612	0,750475824	0,8783536
Abril	0,59388959	0,878282224	0,97825974
Mayo	0,60224033	0,891092517	0,99181857
Junio	0,6633383	0,964869697	1,05408675
Julio	0,77084781	1,072805685	1,1303382
Agosto	0,7716983	1,081945082	1,14631903
Septiembre	0,6698714	0,977288665	1,06978804
Octubre	0,51955949	0,795094249	0,91723201
Noviembre	0,35180232	0,564314375	0,69274846
Diciembre	0,24945425	0,410640799	0,52246658
Cobertura ANUAL	52,1%	77,9%	88,3%
Precio	1070	2140	3210

Tabla 3.6. Cobertura de ACS, Vitosol 300F

En este colector solo hay una configuracion adecuada , la de 2 colectores para ACS.

- Ibersolar OPS-210V:

Ibersolar OPS-V210				
Numero de colectores	1	2	3	4
Enero	0,208233706	0,350650593	0,454907735	0,53445026
Febrero	0,330082873	0,547926918	0,690074951	0,77861451
Marzo	0,389913986	0,635410936	0,782632484	0,86232583
Abril	0,483732259	0,762436742	0,90387551	0,95907591
Mayo	0,490695131	0,774085011	0,917601445	0,9725672
Junio	0,543296666	0,847334549	0,989868069	1,03373872
Julio	0,63849941	0,963930963	1,088096212	1,10837626
Agosto	0,638503188	0,969716073	1,100660004	1,12502295
Septiembre	0,548573888	0,857877904	1,004207947	1,04980782
Octubre	0,419730649	0,678169332	0,826494361	0,9003473
Noviembre	0,279823214	0,465431096	0,591840026	0,67841805
Diciembre	0,196348079	0,331256337	0,431071407	0,50832026
Cobertura ANUAL	42,3%	67,2%	80,4%	86,6%
Precio	610	1220	1830	2440

Tabla 3.7. Cobertura de ACS, Ibersolar OPS-210V

Al igual que el Promasol Titanio V-1 , para este colector tambien hay mas de una configuracion adecuada.estudiaremos ambas.



MEMORIA

- Vitosol 100 s2,5:

Vitosol 100 s2,5		
Numero de co	1	2
Enero	0,29345357	0,481773329
Febrero	0,45018404	0,71193582
Marzo	0,52531902	0,806573574
Abril	0,63978176	0,933555555
Mayo	0,64812213	0,946044823
Junio	0,71057585	1,017721426
Julio	0,82044528	1,120656472
Agosto	0,82088432	1,129705014
Septiembre	0,7169058	1,029775395
Octubre	0,56210962	0,85120036
Noviembre	0,38672562	0,617987926
Diciembre	0,27767453	0,457920656
Cobertura A	56,2%	83,1%
Precio	1200	2400

Tabla 3.8 Cobertura de ACS, Vitosol 100 s2.5

Podemos observar que para este tipo de colector , ninguna de las configuraciones es adecuada, ya que para 1 colector, la demanda satisfecha no llega al 60% , y para 2 colectores tenemos un aporte de mas del 110% para Julio y Agosto , ademas de mas 3 meses con el 100% de la demanda.

- Ibersolar CPC-12:

Ibersolar CPC-12			
Numero de co	1	2	3
Enero	0,23504772	0,430648187	0,59351249
Febrero	0,34239481	0,611010187	0,81776912
Marzo	0,39846389	0,699045329	0,91870476
Abril	0,48668883	0,829562217	1,05757913
Mayo	0,49077841	0,836138831	1,06539951
Junio	0,53390925	0,898212899	1,12958289
Julio	0,61866492	1,010848727	1,23442597
Agosto	0,61462413	1,007256276	1,23378399
Septiembre	0,53556652	0,901565742	1,13452463
Octubre	0,42541682	0,740270243	0,96446859
Noviembre	0,30238598	0,544235113	0,73549543
Diciembre	0,22337323	0,41052677	0,56770854
Cobertura A	42,8%	73,3%	94,3%
Precio	1110	2220	3330

Tabla 3.9: Cobertura de ACS, Ibersolar CPC-12

Para este tipo de colector de tubos de vacio, la configuracion de 2 colectores para ACS será la adecuada para esta instalacion.



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

- Vitosol 300T:

Vitosol 300T		
Numero de co	1	2
Enero	0,29605741	0,522720415
Febrero	0,43193777	0,735727361
Marzo	0,50086321	0,833134248
Abril	0,60736582	0,970597891
Mayo	0,6128536	0,978936198
Junio	0,66558675	1,045377309
Julio	0,7655696	1,1558655
Agosto	0,76196772	1,155616913
Septiembre	0,66837092	1,050986306
Octubre	0,53391107	0,878160583
Noviembre	0,38059845	0,655648134
Diciembre	0,28138976	0,498953381
Cobertura A	53,4%	86,3%
Precio	1400	2800

Tabla 3.9: Cobertura de ACS, Vitosol 300T

Por ultimo, podemos observar que para este colector de tubos de vacio, al igual que en el vitosol 100 s2,5 , ninguna de las configuraciones es adecuada, ya que para 1 colector, la demanda satisfecha no llega al 60% , y para 2 colectores tenemos un aporte de mas del 110% para Julio y Agosto , ademas de mas 3 meses con el 100% de la demanda.

3.2.3.1.1 Análisis de los resultados de cobertura de ACS, para el numero de colectores optimo:

Se observa que por el estudio de económico que el numero de colectores optimo para todos los tipos de captadores es 2, pese a que existen colectores que podrían funcionar con otro numero distinto de captadores ya que no sobrepasan la demanda máxima de 3 meses consecutivos de más de 100% de aporte solar y además se encuentran por encima del 60% de aporte solar como dicta la limitación de aporte por Zona Climática (Capitulo 1). Además de que en ningún caso se ha de superar el 110% de aporte para ningún mes.

En cambio hay un colector, el Vitosol 300T, y el Vitosol 100 s2,5 no son adecuados en ninguna configuración para esta instalación ya que no se adaptan a la normativa.



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

ACS (2colectores)	Isotherm Plus	Ibersolar OPS-V210	Promasol Titanio V-1	Vitosol 300F	Vitosol 100s2,5	Ibersolar CPC-12	Vitosol 300T
Enero	0,406020684	0,350650593	0,291648772	0,433264933	0,481773329	0,430648187	0,522720415
Febrero	0,616643955	0,547926918	0,479370601	0,657185072	0,71193582	0,611010187	0,735727361
Marzo	0,708319572	0,635410936	0,562516279	0,750475824	0,806573574	0,699045329	0,833134248
Abril	0,838186201	0,762436742	0,685122114	0,878282224	0,933555555	0,829562217	0,970597891
Mayo	0,849964907	0,774085011	0,697277896	0,891092517	0,946044823	0,836138831	0,978936198
Junio	0,92326678	0,847334549	0,771149209	0,964869697	1,017721426	0,898212899	1,045377309
Julio	1,036967253	0,963930963	0,888818577	1,072805685	1,120656472	1,010848727	1,1558655
Agosto	1,043254947	0,969716073	0,895651541	1,081945082	1,129705014	1,007256276	1,155616913
Septiembre	0,933960221	0,857877904	0,782570409	0,97288665	1,029775395	0,901565742	1,050986306
Octubre	0,752457902	0,678169332	0,603903029	0,795094249	0,85120036	0,740270243	0,878160583
Noviembre	0,52993775	0,465431096	0,398578564	0,564314375	0,617987926	0,544235113	0,655648134
Diciembre	0,384751996	0,331256337	0,273958604	0,410640799	0,457920656	0,41052677	0,498953381
ANUAL	74,1%	67,2%	60,1%	77,9%	83,1%	73,3%	86,3%
precio	1160	1220	1016	2140	2400	2220	2800

Tabla 3.10: Cobertura de ACS total

Por otro lado se ha de estudiar la cobertura solar de la siguiente forma, a la hora de calcular los aportes energéticos, se han de desechar los excesos de aporte ya que estos no formarán parte de la energía útil. De tal forma la tabla de cobertura solar queda de este modo.

ACS (2colectores)	Isotherm Plus	Ibersolar OPS-V210	Promasol Titanio V-1	Vitosol 300F	Vitosol 100s2,5	Ibersolar CPC-12	Vitosol 300T
Enero	0,41	0,35	0,29	0,43	0,48	0,43	0,52
Febrero	0,62	0,55	0,48	0,66	0,71	0,61	0,74
Marzo	0,71	0,64	0,56	0,75	0,81	0,70	0,83
Abril	0,84	0,76	0,69	0,88	0,93	0,83	0,97
Mayo	0,85	0,77	0,70	0,89	0,95	0,84	0,98
Junio	0,92	0,85	0,77	0,96	1,00	0,90	1,00
Julio	1,00	0,96	0,89	1,00	1,00	1,00	1,00
Agosto	1,00	0,97	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
Septiembre	0,93	0,86	0,78	0,98	1,00	0,90	1,00
Octubre	0,75	0,68	0,60	0,80	0,85	0,74	0,88
Noviembre	0,53	0,47	0,40	0,56	0,62	0,54	0,66
Diciembre	0,38	0,33	0,27	0,41	0,46	0,41	0,50
ANUAL	73,5%	67,2%	60,1%	76,6%	80,7%	73,2%	83,0%
Precio	1160	1220	1016	2140	2400	2220	2800

Tabla 3.11: cobertura de ACS, corregida.

Gráficos de cobertura:

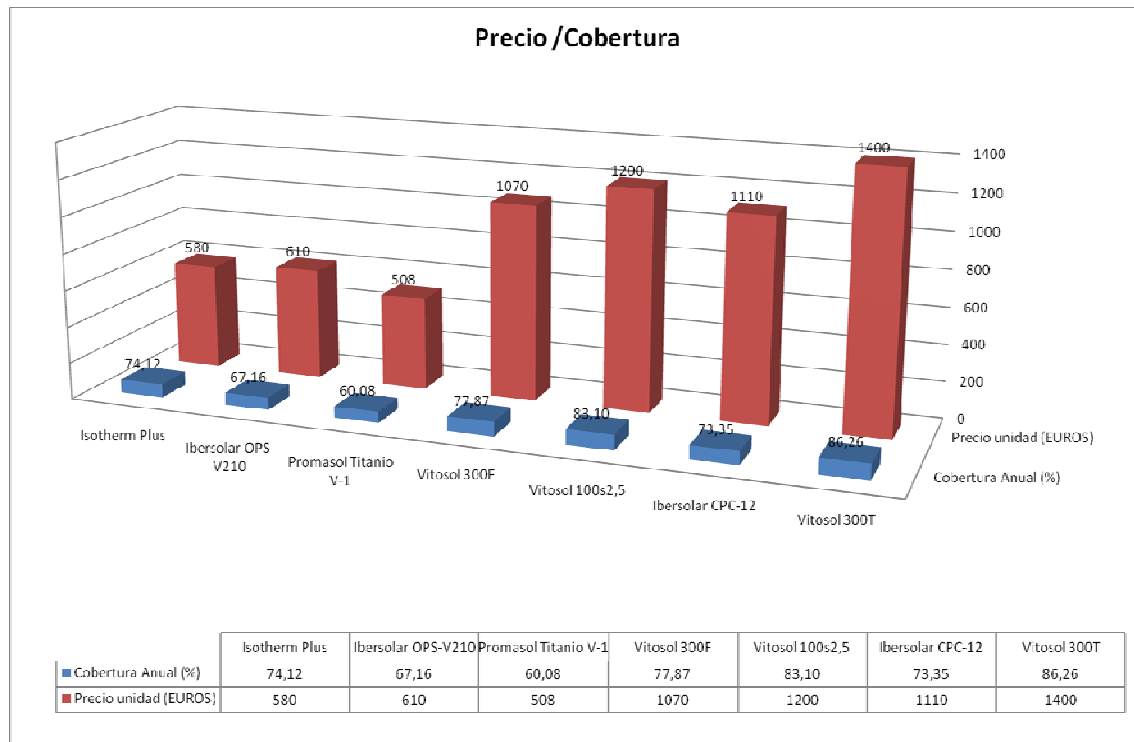


Grafico 3.5: Cobertura/precio para ACS (2colectores)

Se observa como los colectores instalados abarcan una amplia gama de precios y coberturas, siendo los Viessmann Vitosol los que mas cobertura solar aportan aunque por un precio mayor.

Por otro lado observamos la gran diferencia de precio entre la tecnología de tubos de vacío y la de los colectores planos, que es casi el doble para dos colectores de la misma marca como es IberSolar. Es cierto por otra parte que se obtendrán aportes mayores y menores pérdidas, pero pondremos a estudio si para este tipo de instalaciones los tubos de vacío merecen el desembolso.

Por ultimo plasmar el gráfico de curvas-f, que representará la cobertura solar para todo el año para los distintos tipos de colector.

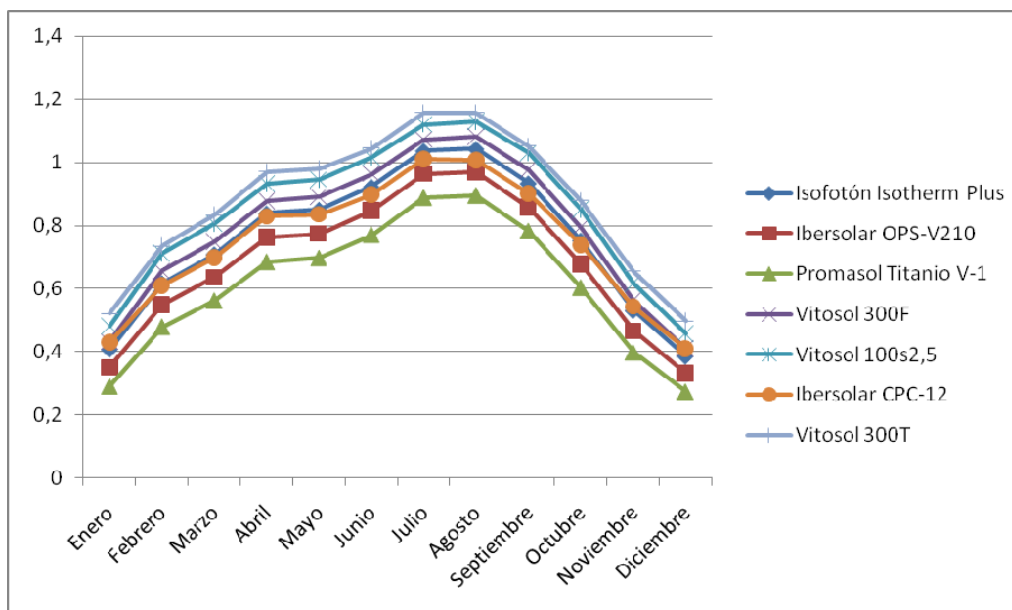


Grafico 3.6: Curvas f , cobertura solar para ACS (2 colectores)

Aquí se dará por finalizado el análisis prestacional de cada colector para la producción de agua caliente sanitaria.

Con estos resultados de cobertura y precio se llevará a cabo el siguiente análisis, el de estudio de viabilidad económica que nos determinará el panel más adecuado observando para cual es la inversión más rentable considerando una vida útil de la instalación de 25 años de servicio.

3.2.3.2 Análisis económico y elección del tipo de panel adecuado:

El estudio económico se llevará a cabo mediante un análisis de la inversión por el método del VAN (Valor Actual Neto) y la TIR (Tasa Interna de Retorno), hallando los flujos de caja que se van dando para cada caso.

La inversión se analizará a lo largo de un periodo de 25 años que es lo que se estima que es la vida útil para este tipo de instalaciones. Toda instalación que no se amortice en el periodo de tiempo de 25 años no será considerada como viable por lo que no se tendrá en cuenta en los cálculos posteriores.

Como datos para llevar a cabo el análisis de inversión se toman:

Índice de inflación previsto: $e = 2,62\%$

Incremento del precio del combustible, en este caso gasóleo: $c = 4,48\%$

Tasa de interés bancario que estará entorno a Euribor+1%: $i = 3,3958$

Se exponen a continuación las ecuaciones que definen los conceptos expuestos:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_F t}{(1+e)^t} - I_0$$

Siendo en cada caso:

V_F : Los flujos de caja para cada año del análisis de la inversión hasta un total de $n=25$ años. Los flujos de caja de la inversión para cada periodo consisten en los siguientes elementos:

- Ahorros por combustible (0,0675 euros por kWh)
- Ahorros de emisiones de combustibles (15 euros por tonelada de CO₂)
- Gastos de mantenimiento (3% de la inversión inicial)

I_0 : Hace referencia a la Inversión inicial, habrá que descontar las subvenciones de la comunidad de Madrid

K : Tasa de descuento, será en cada caso la que corresponda

Tasa Interna de Retorno: es aquel descuento que hace: $VAN = 0$

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_F t}{(1+TIR)^t} - I_0$$

El Valor actuales para los diversos t =años los calcularemos mediante la fórmula:



MEMORIA

$$C_t = C_0 \cdot (1 + k)^t$$

Los valores de coste de inversión en este punto del análisis del proyecto, como ya explicamos al inicio de este Capítulo, es solo indicativo, ya que aun no se han dimensionado completamente las instalaciones y es imposible saber con certeza todos los costes. Por lo que se opta por hacer un cálculo aproximado de costes tomando como referencia el libro de “Monografías técnicas de energías renovables” en concreto “Energía Solar Térmica de baja temperatura” de M.Castro Gil y A.Colmenar Santos.

Teniendo pues la siguiente disposición de costes; un 30% en los colectores solares, otro 30% en depósitos, bomba, tuberías etc. y el 40% restante se destinaría al montaje y otros gastos indirectos.

Para el análisis de la inversión se ha hecho uso de los siguientes datos:

- El valor de rendimiento de la caldera es 0,93
- El coste por cada kWh de gasóleo es de 0,0675 euros/kWh: (fuente: REPSOL)
- El coste de una tonelada de CO2 es de , 15euros/TmCO2 : (fuente: Mercado Internacional de CO2)
- Emisión de CO2 por cada kWh de gasóleo C: 0,27kgCO2 /kWh: (fuente: REPSOL)

Además añadir que los gastos de mantenimiento de la instalación se ha calculado como el 3% del valor de la instalación.

Por otro lado, las subvenciones en este apartado, no se han tenido en cuenta ya que como veremos más adelante en el Capítulo 7 “Análisis económico”. Las subvenciones de la comunidad de Madrid solo son aplicables para instalaciones con más de 10 m² de colector instalado , y en el caso de ACS, no llegamos a esa superficie.

Con todo esto ya tenemos todos los datos para llevar a cabo el análisis económico, la tabla que lo representa es la siguiente:



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial

Especialidad Mecánica

Mario Pérez Basa



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial

Especialidad Mecánica

Mario Pérez Basa

	Isotherm PLUS			Promasol Titanio V-1					Vitosol 300F			Ibersolar OPS-V210				Vitosol 100 s2,5		Ibersolar CPC-12			Vitosol 300T	
Numero de colectores	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4	1	2	1	2	3	1	2
Cobertura anual	47,7%	74,1%	86,9%	37,8%	60,1%	72,4%	78,8%	82,8%	52,1%	77,9%	88,3%	42,3%	67,2%	80,4%	86,6%	56,2%	83,1%	42,8%	73,3%	94,3%	53,4%	86,3%
Precio de Colectores	580,2	1160,4	1740,6	508,4	1016,8	1525,2	2033,6	2542	1070,7	2141,4	3212,1	610	1220	1830	2440	1200	2400	1110	2220	3330	1400	2800
Sistema de Acumulacion	1168			1168					1168			1168				1168		1168			1168	
montaje y gastos indirectos	773,6	1547,2	2320,8	677,866667	1355,733333	2033,6	2711,466667	3389,33333	1427,6	2855,2	4282,8	813,333333	1626,666667	2440	3253,33333	1600	3200	1480	2960	4440	1866,66667	3733,333333
Coste de la inversion	2521,8	3875,6	5229,4	2354,26667	3540,533333	4726,8	5913,066667	7099,33333	3666,3	6164,6	8662,9	2591,33333	4014,666667	5438	6861,33333	3968	6768	3758	6348	8938	4434,66667	7701,333333
		Ahorro [KJ]			Ahorro [KJ]	Ahorro [KJ]	Ahorro [KJ]			Ahorro [KJ]			Ahorro [KJ]	Ahorro [KJ]			Ahorro [KJ]		Ahorro [KJ]			Ahorro [KJ]
numero de colectores	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4	1	2	1	2	3	1	2
Enero		512246,5921			367951,9181	476468,5552	565681,0994			546618,6682			442390,1994	573923,8077			607818,1624		543317,3118			659478,1048
Febrero		689673,9863			536143,1514	678231,305	774154,1692			735016,4461			612818,6919	771801,5212			796251,4045		683373,0039			822860,6116
Marzo		843988,5956			670258,656	831402,238	928642,2756			894219,3067			757115,2973	932535,139			961061,8211		832937,9962			992709,8321
Abril		928609,896			759033,2252	909402,2455	980277,4724			973031,4857			844688,5702	1001385,781			1034267,715		919055,5548			1075306,186
Mayo		953189,813			781959,5627	936587,0618	1007508,517			999312,2105			868094,6007	1029040,544			1060938,259		937684,6146			1097824,162
Junio		981119,2299			819469,881	967936,7875	1023838,463			1025329,011			900429,0398	1051893,796			1062660,6		954495,458			1062660,6
Julio		1074719,16			955230,3542	1074719,16	1074719,16			1035955,074			1074719,16	1074719,16			1074719,16		1074719,16			1074719,16
Agosto		1098082,62			983499,391	1098082,62	1098082,62			1098082,62			1064828,366	1098082,62			1098082,62		1098082,62			1098082,62
Septiembre		1013599,383			849300,5006	1004985,361	1063193,786			1060622,461			931029,4959	1085270,4			1085270,4		978442,6133			1085270,4
Octubre		861420,9848			691353,9491	849379,2768	938349,6015			910231,4811			776374,7212	946178,6292			974462,2926		847468,4369			1005326,613
Noviembre		611071,114			459600,8626	586398,14	681495,2254			650710,7929			536688,5036	682450,6154			712601,754		627557,4002			756027,7327
Diciembre		485413,4443			345633,5275	448367,5534	533731,6646			518075,4537			417921,8852	543851,2569			577724,9904		517931,5921			629492,9774
ANUAL [KJ]		10053134,82			8219434,979	9861960,304	10669674,05			10485969,1			9188334,446	10791133,27			11045859,18		10015065,76			11359759
ANUAL [Kwh]		2792,53745			2283,176383	2739,433418	2963,798348			2912,769194			2552,315124	2997,537019			3068,294216		2781,962712			3155,488611
Rendimiento de caldera 0,93		2988,015071			2442,99873	2931,193757	3171,264233			3116,663037			2730,977182	3207,364611			3283,074811		2976,700101			3376,372814
Ahorro [EUROS]																						
gasoleoC=0,0675E/kWh		201,6910173			164,9024143	197,8555786	214,0603357			210,374755			184,3409598	216,4971112			221,6075498		200,9272568			227,9051649
Ahorro por emisiones de CO2 (0,27kgCO2/kWh)	kg CO2	806,7640692			659,6096571	791,4223144	856,2413429			841,49902			737,3638393	865,9884449			886,4301991		803,7090274			911,6206597
	Euros	12,10146104			9,894144856	11,87133472	12,84362014			12,624853			11,06045759	12,98982667			13,29645299		12,05563541			13,6743099
Total Ahorros		213,7924783			174,7965591	209,7269133	226,9039559			222,9972403			195,4014174	229,4869379			234,9040028		212,9828923			241,5794748
Amortizacion en años		18			20	23							21	24								No se estudia

Tabla 3.12: Análisis económico para ACS



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

3.2.3.3 Conclusión para la instalación de captadores solares de ACS:

Vistos los cálculos de amortización y beneficios al finalizar los 25 de vida de la instalación, los captadores que han reportado mayor beneficio son los Isotherm Plus con un beneficio de 3796,38 euros a los 25 años de ponerse en funcionamiento la instalación. Y amortizándose completamente a los 18 años.

Por contrapartida los colectores tipificados como de “Alta Gama”, para esta instalación, no se amortizan en el tiempo de vida útil por lo que no son aptos para esta instalación, estos son, los colectores Vitosol 300F, Vitosol 100 s2,5 y los de tubo de vacío Vitosol 300T, e Ibersolar CPC-12.

Los demás colectores, Promasol Titanio V-1 e Ibersolar OPS-210V, amortizan mas tarde y reportan menos beneficios que el Isotherm Plus de Isotón.

La tabla de amortización de Isotherm Plus para dos colectores queda de la siguiente forma:

	ISOTHERM PLUS 2 colectores							
	Ahorro combustible	Ahorro por em	Gasto manteni	Cash Flow	Cash flow acumulado	Desembolso Ini	TIR	VAN
1	216,2478164	12,41851932	123,3658939	105,3004418	105,3004418	-3875,6	3581%	-3.523,37 €
2	231,8552344	12,74388452	130,897098	113,7020209	219,0024627	-3875,6	1670%	-3.413,40 €
3	248,5890984	13,0777743	138,8880647	122,778808	341,7812707	-3875,6	1034%	-3.294,65 €
4	266,5307084	13,42041198	147,3668615	132,5842588	474,3655295	-3875,6	717%	-3.166,42 €
5	285,7672317	13,77202678	156,3632694	143,1759891	617,5415186	-3875,6	528%	-3.027,95 €
6	306,3921273	14,13285388	165,9088873	154,6160939	772,1576125	-3875,6	402%	-2.878,41 €
7	328,5055992	14,50313465	176,0372432	166,9714906	939,1291031	-3875,6	313%	-2.716,92 €
8	352,2150835	14,88311678	186,783912	180,3142883	1119,443391	-3875,6	246%	-2.542,53 €
9	377,6357704	15,27305444	198,1866401	194,7221847	1314,165576	-3875,6	195%	-2.354,21 €
10	404,8911638	15,67320847	210,2854786	210,2788937	1524,44447	-3875,6	154%	-2.150,83 €
11	434,1136815	16,08384653	223,1229233	227,0746047	1751,519074	-3875,6	121%	-1.931,22 €
12	465,4452982	16,50524331	236,7440645	245,2064769	1996,725551	-3875,6	94%	-1.694,06 €
13	499,0382354	16,93768068	251,1967451	264,779171	2261,504722	-3875,6	71%	-1.437,98 €
14	535,0557012	17,38144792	266,5317285	285,9054207	2547,410143	-3875,6	52%	-1.161,46 €
15	573,672683	17,83684185	282,8028774	308,7066475	2856,11679	-3875,6	36%	-862,90 €
16	615,0767976	18,30416711	300,0673425	333,3136222	3189,430413	-3875,6	22%	-540,53 €
17	659,4692027	18,78373629	318,3857635	359,8671755	3549,297588	-3875,6	9%	-192,48 €
18	707,0655747	19,27587018	337,8224819	388,5189629	3937,816551	-3875,6	-2%	183,28 €
19	758,0971558	19,78089797	358,4457673	419,4322864	4357,248837	-3875,6	-11%	588,94 €
20	812,811878	20,2991575	380,3280569	452,7829786	4810,031816	-3875,6	-19%	1.026,85 €
21	871,4755674	20,83099543	403,5462098	488,760353	5298,792169	-3875,6	-27%	1.499,56 €
22	934,3732358	21,37676751	428,1817776	527,5682257	5826,360395	-3875,6	-33%	2.009,80 €
23	1001,810465	21,93683882	454,3212902	569,4260141	6395,786409	-3875,6	-39%	2.560,52 €
24	1074,114894	22,51158399	482,0565598	614,5699178	7010,356327	-3875,6	-45%	3.154,91 €
25	1151,637804	23,10138749	511,4850039	663,2541878	7673,610514	-3875,6	#¡ NUM!	3.796,38 €

Tabla 3.13

El resto de tablas de cálculo de viabilidad de todos los tipos de colectores se encuentran el “ANEXO VIII: Tablas de Amortización”



3.2.4 Estudio de Cobertura de ACS y Calefacción :

3.2.4.1 Aplicación del método f-chart

El estudio será idéntico al realizado para ACS, es decir, se irán probando consecutivamente los colectores de las diversas marcas y número de ellos hasta un máximo de 15, que generalmente dará apoyos de entorno al 30% de las necesidades anuales.

La particularidad del estudio es que para ACS, sea cual sea el colector que se está estudiando, se utilizarán 2 colectores de la marca Isofoton, modelo “Isotherm Plus”, ya que es el óptimo para la producción de ACS. Para los sucesivos números de colectores se estudiarán todas las marcas y tipos de colectores que estarán dedicadas a la producción de Calefacción en Invierno.

3.2.4.2 Análisis Económico:

La metodología utilizada en este análisis es la misma que para el anterior cálculo de viabilidad económica, como novedad será la introducción de las subvenciones de la Comunidad de Madrid para el curso 2008-2009.

Las subvenciones se encuentran detalladas más adelante en el Capítulo 7 “Análisis económico”. Estas supondrán un 30% del coste de los componentes de la instalación, y solo se aplicará si la instalación tiene más de 10m² de colectores instalado.



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial

Especialidad Mecánica

Mario Pérez Basa

Calculos de Cobertura Anual y costes de la instalación de calefaccion:

	Isotherm PLUS		ACS+CALEFACCION												
Numero de colectores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Cobertura anual	47,7%	73,5%	7,5%	9,7%	11,7%	13,7%	15,6%	17,5%	19,3%	21,0%	22,6%	24,2%	25,8%	27,3%	28,8%
Precio de Colectores	580,2	1160,4	1740,6	2320,8	2901	3481,2	4061,4	4641,6	5221,8	5802	6382,2	6962,4	7542,6	8122,8	8703
Sistema de Acumulacion	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168
Sistema de Suelo Radiante	0	0	572,6	1152,8	1733	2313,2	2893,4	3473,6	4053,8	4634	5214,2	5794,4	6374,6	6954,8	7535
Subvencion (30%) >10m2	0	0	0	0	1740,6	2088,72	2436,84	2784,96	3133,08	3481,2	3829,32	4177,44	4525,56	4873,68	5221,8
Montaje y gastos indirectos	773,6	1547,2	2320,8	3094,4	3868	4641,6	5415,2	6188,8	6962,4	7736	8509,6	9283,2	10056,8	10830,4	11604
Coste de la inversion	2521,8	3875,6	5802	7736	9670	11604	13538	15472	17406	19340	21274	23208	25142	27076	29010
Desembolso inicial	2521,8	3875,6	5802	7736	9729,4	9515,28	11101,16	12687,04	14272,92	15858,8	17444,68	19030,56	20616,44	22202,32	23788,2
Gasto de mantenimiento	75,654	116,268	174,06	232,08	290,1	348,12	406,14	464,16	522,18	580,2	638,22	696,24	754,26	812,28	870,3
	Promasol Titanio V-1		ACS+CALEFACCION												
Numero de colectores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Cobertura anual	47,7%	73,5%	6,9%	8,6%	10,1%	11,6%	13,0%	14,4%	15,7%	17,0%	18,2%	19,4%	20,5%	21,6%	22,7%
Precio de Colectores	580,2	1160,4	1668,4	2176,4	2684,4	3192,4	3700,4	4208,4	4716,4	5224,4	5732,4	6240,4	6748,4	7256,4	7764,4
Sistema de Acumulacion	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168
Sistema de Suelo Radiante	0	0	500,4	1008,4	1516,4	2024,4	2532,4	3040,4	3548,4	4056,4	4564,4	5072,4	5580,4	6088,4	6596,4
Subvencion (30%) >10m2	0	0	0	0	1610,64	1915,44	2220,24	2525,04	2829,84	3134,64	3439,44	3744,24	4049,04	4353,84	4658,64
Montaje y gastos indirectos	773,6	1547,2	2224,533333	2901,866667	3579,2	4256,533333	4933,866667	5611,2	6288,533333	6965,866667	7643,2	8320,533333	8997,866667	9675,2	10352,533333
Coste de la inversion	2521,8	3875,6	5561,333333	7254,666667	8948	10641,33333	12334,66667	14028	15721,33333	17414,66667	19108	20801,33333	22494,66667	24188	25881,33333
Desembolso inicial	2521,8	3875,6	5561,333333	7254,666667	7337,36	8725,893333	10114,42667	11502,96	12891,49333	14280,02667	15668,56	17057,09333	18445,62667	19834,16	21222,69333
Gasto de mantenimiento	75,654	116,268	166,84	217,64	268,44	319,24	370,04	420,84	471,64	522,44	573,24	624,04	674,84	725,64	776,44
	Vitosol 300F		ACS+CALEFACCION												
Numero de colectores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Cobertura anual	47,7%	73,5%	7,8%	10,2%	12,5%	14,7%	16,8%	18,8%	20,8%	22,6%	24,4%	26,1%	27,8%	29,4%	30,9%
Precio de Colectores	580,2	1160,4	2230,4	3300,4	4370,4	5440,4	6510,4	7580,4	8650,4	9720,4	10790,4	11860,4	12930,4	14000,4	15070,4
Sistema de Acumulacion	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168
Sistema de Suelo Radiante	0	0	1062,4	2132,4	3202,4	4272,4	5342,4	6412,4	7482,4	8552,4	9622,4	10692,4	11762,4	12832,4	13902,4
Subvencion (30%) >10m2	0	0	0	0	2622,24	3264,24	3906,24	4548,24	5190,24	5832,24	6474,24	7116,24	7758,24	8400,24	9042,24
Montaje y gastos indirectos	773,6	1547,2	2973,866667	4400,533333	5827,2	7253,866667	8680,533333	10107,2	11533,86667	12960,53333	14387,2	15813,86667	17240,53333	18667,2	20093,86667
Coste de la inversion	2521,8	3875,6	7434,666667	11001,33333	14568	18134,66667	21701,33333	25268	28834,66667	32401,33333	35968	39534,66667	43101,33333	46668	50234,66667
Desembolso inicial	2521,8	3875,6	7434,666667	11001,33333	11945,76	14870,42667	17795,09333	20719,76	23644,42667	26569,09333	29493,76	32418,42667	35343,09333	38267,76	41192,42667
Gasto de mantenimiento	75,654	116,268	223,04	330,04	437,04	544,04	651,04	758,04	865,04	972,04	1079,04	1186,04	1293,04	1400,04	1507,04
	Ibersolar OPS-V210		ACS+CALEFACCION												
Numero de colectores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Cobertura anual	47,7%	73,5%	7,2%	9,0%	10,8%	12,6%	14,2%	15,8%	17,3%	18,8%	20,3%	21,7%	23,0%	24,3%	25,6%
Precio de Colectores	580,2	1160,4	1770,4	2380,4	2990,4	3600,4	4210,4	4820,4	5430,4	6040,4	6650,4	7260,4	7870,4	8480,4	9090,4
Sistema de Acumulacion	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168
Sistema de Suelo Radiante	0	0	602,4	1212,4	1822,4	2432,4	3042,4	3652,4	4262,4	4872,4	5482,4	6092,4	6702,4	7312,4	7922,4
Subvencion (30%) >10m2	0	0	0	0	1794,24	2160,24	2526,24	2892,24	3258,24	3624,24	3990,24	4356,24	4722,24	5088,24	5454,24
Montaje y gastos indirectos	773,6	1547,2	2360,533333	3173,866667	3987,2	4800,533333	5613,866667	6427,2	7240,533333	8053,866667	8867,2	9680,533333	10493,86667	11307,2	12120,533333
Coste de la inversion	2521,8	3875,6	5901,333333	7934,666667	9968	12001,33333	14034,66667	16068	18101,33333	20134,66667	22168	24201,33333	26234,66667	28268	30301,33333
Desembolso inicial	2521,8	3875,6	5901,333333	7934,666667	8173,76	9841,093333	11508,42667	13175,76	14843,09333	16510,42667	18177,6	19845,92667	21512,42667	23179,76	24847,09333
Gasto de mantenimiento	75,654	116,268	177,04	238,04	299,04	360,04	421,04	482,04	543,04	604,04	665,04	726,04	787,04	848,04	909,04



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial

Especialidad Mecánica

Mario Pérez Basa

	Vitosol 100 s2,5		ACS+CALEFACCION												
Numero de colectores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Cobertura anual	47,7%	73,5%	6,9%	8,6%	10,1%	11,6%	13,0%	14,4%	15,7%	17,0%	18,2%	19,4%	20,5%	21,6%	22,7%
Precio de Colectores	580,2	1160,4	2360,4	3560,4	4760,4	5960,4	7160,4	8360,4	9560,4	10760,4	11960,4	13160,4	14360,4	15560,4	16760,4
Sistema de Acumulacion	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168
Sistema de Suelo Radiante	0	0	1192,4	2392,4	3592,4	4792,4	5992,4	7192,4	8392,4	9592,4	10792,4	11992,4	13192,4	14392,4	15592,4
Subvencion (30%) >10m2	0	0	0	0	2856,24	3576,24	4296,24	5016,24	5736,24	6456,24	7176,24	7896,24	8616,24	9336,24	10056,24
Montaje y gastos indirectos	773,6	1547,2	3147,2	4747,2	6347,2	7947,2	9547,2	11147,2	12747,2	14347,2	15947,2	17547,2	19147,2	20747,2	22347,2
Coste de la inversion	2521,8	3875,6	7868	11868	15868	19868	23868	27868	31868	35868	39868	43868	47868	51868	55868
Desembolso inicial	2521,8	3875,6	7868	11868	13011,76	16291,76	19571,76	22851,76	26131,76	29411,76	32691,76	35971,76	39251,76	42531,76	45811,76
Gasto de mantenimiento	75,654	116,268	236,04	356,04	476,04	596,04	716,04	836,04	956,04	1076,04	1196,04	1316,04	1436,04	1556,04	1676,04

	Ibersolar CPC-12		ACS+CALEFACCION												
Numero de colectores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Cobertura anual	47,7%	73,5%	7,1%	8,9%	10,8%	12,6%	14,4%	16,1%	17,9%	19,6%	21,2%	22,9%	24,5%	26,1%	27,6%
Precio de Colectores	580,2	1160,4	2270,4	3380,4	4490,4	5600,4	6710,4	7820,4	8930,4	10040,4	11150,4	12260,4	13370,4	14480,4	15590,4
Sistema de Acumulacion	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168
Sistema de Suelo Radiante	0	0	1102,4	2212,4	3322,4	4432,4	5542,4	6652,4	7762,4	8872,4	9982,4	11092,4	12202,4	13312,4	14422,4
Subvencion (30%) >10m2	0	0	0	0	2694,24	3360,24	4026,24	4692,24	5358,24	6024,24	6690,24	7356,24	8022,24	8688,24	9354,24
Montaje y gastos indirectos	773,6	1547,2	3027,2	4507,2	5987,2	7467,2	8947,2	10427,2	11907,2	13387,2	14867,2	16347,2	17827,2	19307,2	20787,2
Coste de la inversion	2521,8	3875,6	7568	11268	14968	18668	22368	26068	29768	33468	37168	40868	44568	48268	51968
Desembolso inicial	2521,8	3875,6	7568	11268	12273,76	15307,76	18341,76	21375,76	24409,76	27443,76	30477,76	33511,76	36545,76	39579,76	42613,76
Gasto de mantenimiento	75,654	116,268	227,04	338,04	449,04	560,04	671,04	782,04	893,04	1004,04	1115,04	1226,04	1337,04	1448,04	1559,04

	Vitosol 300T		ACS+CALEFACCION												
Numero de colectores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Cobertura anual	47,7%	73,5%	7,7%	10,1%	12,5%	14,8%	17,1%	19,3%	21,5%	23,6%	25,6%	27,7%	29,6%	31,6%	33,4%
Precio de Colectores	580,2	1160,4	2560,4	3960,4	5360,4	6760,4	8160,4	9560,4	10960,4	12360,4	13760,4	15160,4	16560,4	17960,4	19360,4
Sistema de Acumulacion	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168	1168
Sistema de Suelo Radiante	0	0	1392,4	2792,4	4192,4	5592,4	6992,4	8392,4	9792,4	11192,4	12592,4	13992,4	15392,4	16792,4	18192,4
Subvencion (30%) >10m2	0	0	0	0	3216,24	4056,24	4896,24	5736,24	6576,24	7416,24	8256,24	9096,24	9936,24	10776,24	11616,24
Montaje y gastos indirectos	773,6	1547,2	3413,866667	5280,533333	7147,2	9013,866667	10880,533333	12747,2	14613,86667	16480,533333	18347,2	20213,86667	22080,533333	23947,2	25813,86667
Coste de la inversion	2521,8	3875,6	8534,666667	13201,333333	17868	22534,66667	27201,333333	31868	36534,66667	41201,333333	45868	50534,66667	55201,333333	59868	64534,66667
Desembolso inicial	2521,8	3875,6	8534,666667	13201,333333	14651,76	18478,42667	22305,093333	26131,76	29958,42667	33785,093333	37611,76	41438,42667	45265,093333	49091,76	52918,42667
Gasto de mantenimiento	75,654	116,268	256,04	396,04	536,04	676,04	816,04	956,04	1096,04	1236,04	1376,04	1516,04	1656,04	1796,04	1936,04

Tabla 3.14: Calculos de Economicos y de cobertura para ACS+Calefacción

3.2.4.3 Amortización y elección de numero de paneles para ACS y Calefacción:

Concluimos los cálculos de amortización para la instalación de ACS y calefacción, añadiendo la siguiente gráfica, que nos refleja claramente los periodos de amortización de 25 años para las diferentes marcas, variando su número hasta 10. El análisis se extendía hasta el uso de 15 de ellos, pero se ha limitado en la grafica para favorecer su lectura y además se puede observar que la tendencia es que a partir del colector 6, los periodos de amortización serán mayores.

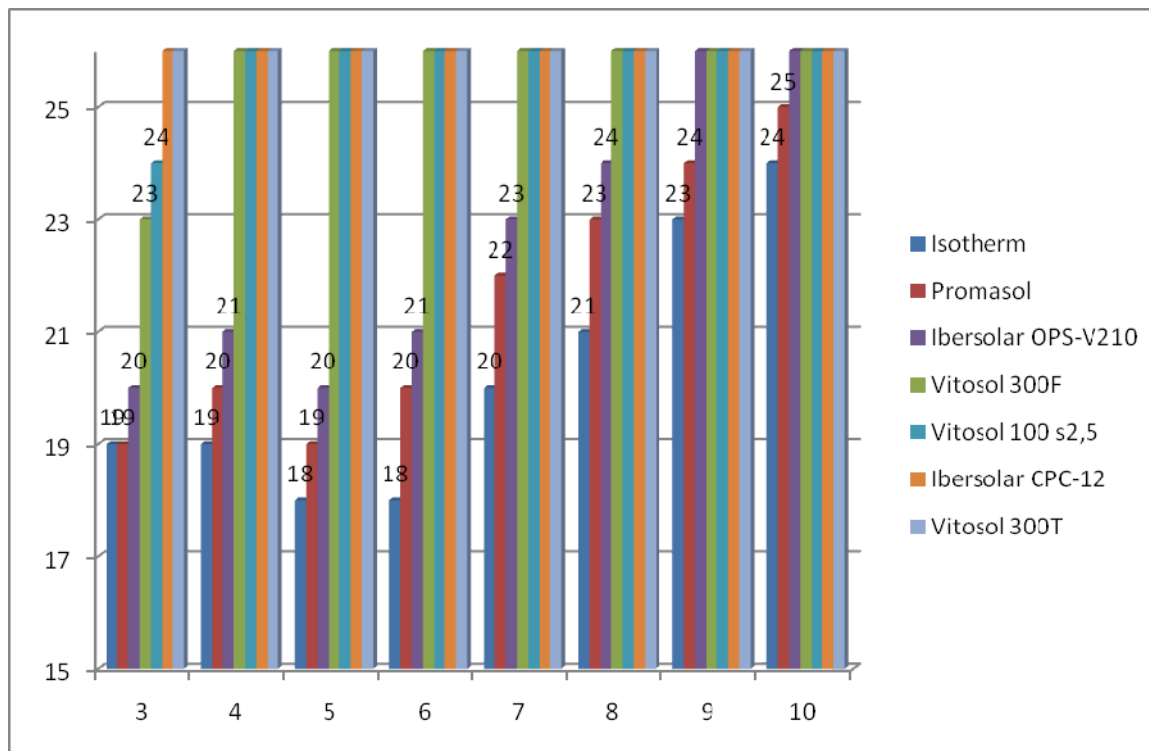


Grafico 3.6: Amortización en el periodo de 25 años(2 colectores)

Se aprecia como el colector que antes amortiza la instalación vuelve a ser el Isotherm Plus, y su número optimo para ACS y calefacción es de 5 y también de 6 colectores.

Según el tiempo de amortización podríamos elegir indistintamente, 5 o 6 captadores Isotherm para esta instalación, pero vamos a llegar más allá y se va a analizar otro factor a tener en cuenta en el estudio de viabilidad económica, este es el Beneficio obtenido al término de la vida útil de la instalación, que hemos fijado en 25 años.

Se obtiene ahora la grafica de beneficios a los largo del periodo:

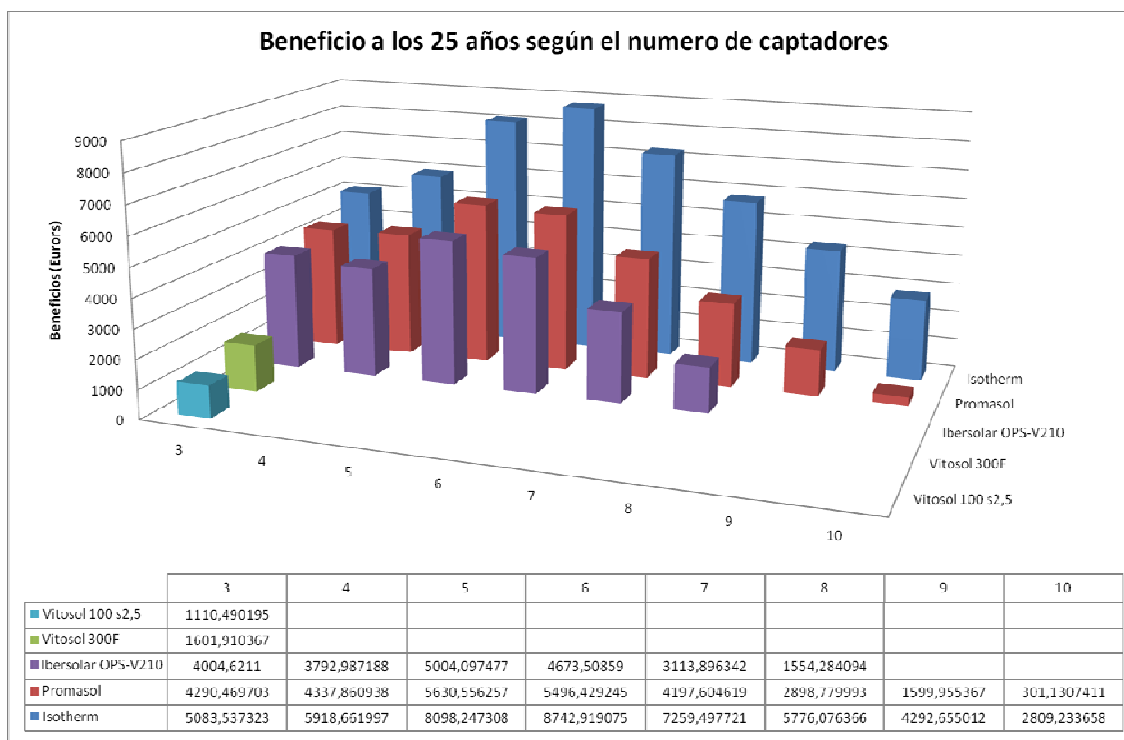


Grafico 3.6: Beneficio obtenido al cabo de 25 años.

Concluimos esta vez que el número optimo de colectores para los captadores Isotherm Plus es de 6, ya que para el periodo de 25 años ha reportado 644 euros más que para la misma instalación con 5 colectores.

Con esto damos por finalizado el estudio comparativo, económico-prestacional de los siete tipos de colectores tanto para la demanda de ACS como para la de calefacción.

3.3 Diseño del sistema de captación

3.3.1 Introducción:

Una vez definido el número de colectores y el tipo que se va a utilizar, 6 paneles de la marca Isofoton, modelo Isotherm Plus, como la más idónea para dotar a la instalación de agua caliente sanitaria y apoyo a la calefacción. Es importante diseñar adecuadamente la instalación de dichos colectores, se estudiarán pues las pérdidas por orientación, inclinación y por sombras que se puedan dar. Concluyendo con la determinación del ángulo óptimo de posicionamiento del colector para su funcionamiento.

3.3.2 Cálculo de Pérdidas por Orientación e Inclinación:

Una vez escogido el colector más adecuado es imprescindible hacer un estudio de cálculo de pérdidas por orientación y estudiar la inclinación idónea para el uso de la instalación con las mínimas pérdidas.

- Orientación:

La orientación de los paneles es fundamental ya que una buena orientación permitirá un mayor número de horas de sol lo que la radiación y el aprovechamiento de la energía sea mayor.

En el Hemisferio norte se orientan los paneles hacia el SUR geográfico, se permiten desviación en $\pm 20^\circ$ respecto a esa orientación.

En el proyecto, la fachada donde los paneles serán instalados está orientada al Sur geográfico con lo que en este aspecto no se tendrá problema alguno.

- Inclinación:

Al igual que con la orientación, una correcta inclinación en los paneles reportará un aprovechamiento en las horas de sol ya que los rayos solares incidirán de una forma más perpendicular.

Se aconsejan valores comprendidos $\pm 10^\circ$ la latitud del proyecto:

En el Pliego de condiciones Técnicas (IDAE) se contempla que en un consumo preferente en Invierno, la inclinación de los paneles (β) será de $+10^\circ$ frente a la latitud del lugar. Así pues se tomara como dato de partida una inclinación de 50° en los paneles.

Con estas premisas calcularemos el rango de inclinación admisible para la instalación, según el Anexo V del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura.

Como datos de partida tendremos, que la instalación se encuentra situada en Madrid (40°N) y orientada al Sur por lo que se tendrá un ángulo azimut 0° .

Si observa el Pliego de condiciones técnicas se fijan unas pérdidas máximas del 10% en orientación e inclinación para aquellas instalaciones de uso general.

Para este cálculo se utilizará la siguiente figura, válida para una latitud de 41°

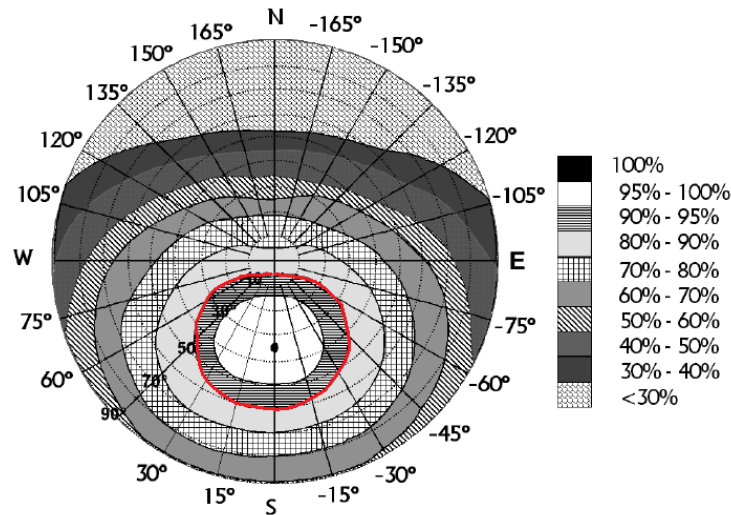


Ilustración 3.1: Pérdidas por inclinación (fuente: DB-HE)

Se observa en el diagrama que para unas pérdidas del máximo 10% de la radiación solar en el caso general (41°N), las inclinaciones máximas y mínimas han de ser, 60° y 7° respectivamente.

Este dato se ha de corregir para la Latitud del proyecto, 40°N:

Inclinación máxima= 59°

Inclinación mínima= 6°

Verificando estos datos:

$$Pérdidas(\%) = 100 * \left[1,2 \cdot 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \cdot 10^{-2} \alpha^2 \right] = 39\%$$

Siendo:

Angulo de inclinación de los paneles, $\beta = 50^\circ$ (latitud + 10° para calefacción)

Angulo óptimo de inclinación de los paneles, $\beta_{opt} = 34^\circ$ (lo observamos en el diagrama)

Angulo de orientación, $\alpha = 0^\circ$ (azimut)

Como algo anecdótico haremos uso del programa de cálculo de censolar, para calcular el ángulo de inclinación óptimo para invierno, en particular para el mes de Enero, (40°N).

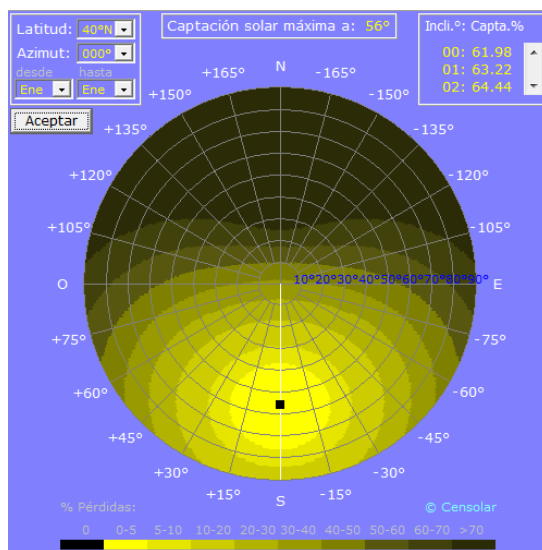


Grafico 3.7: Calculo de pérdidas según la inclinación para Enero

Se observa que el ángulo óptimo para este mes es de 56° , pero ya que nuestro estudio se centra en el cálculo para todo el invierno, el ángulo 50° será más acertado y con menos pérdidas por inclinación.

Así pues comparando nuestros resultados con los que nos daría el programa para la inclinación de 50° , y observando los para los meses contemplados como instalación de invierno, nos da unas pérdidas de 2%, muy cercanas a las 3% que se obtienen mediante el cálculo manual.

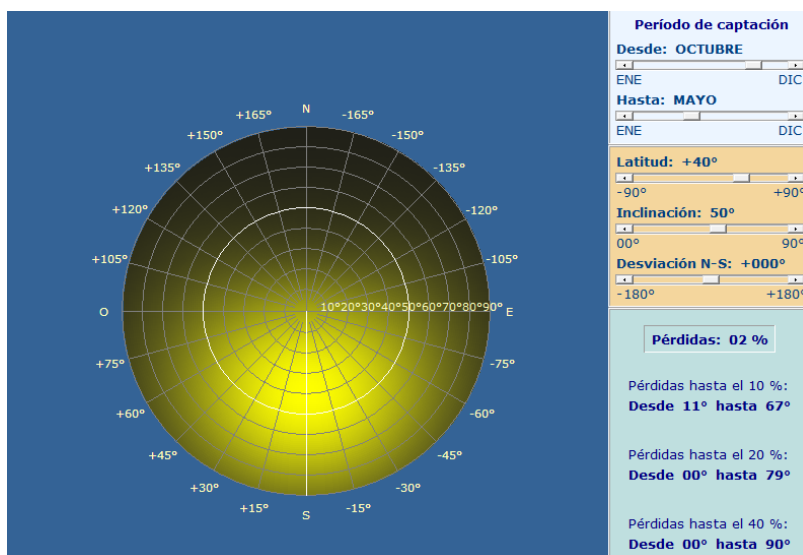


Grafico 3.8: Calculo de pérdidas según la inclinación para el Invierno

Pero ya que nuestra instalación es eminentemente de invierno si contemplamos un nuevo cálculo exclusivamente para los meses de frío, es decir, dejando de lado los meses templados de otoño y primavera, como son Mayo, Abril y Octubre. Tendremos lo siguiente

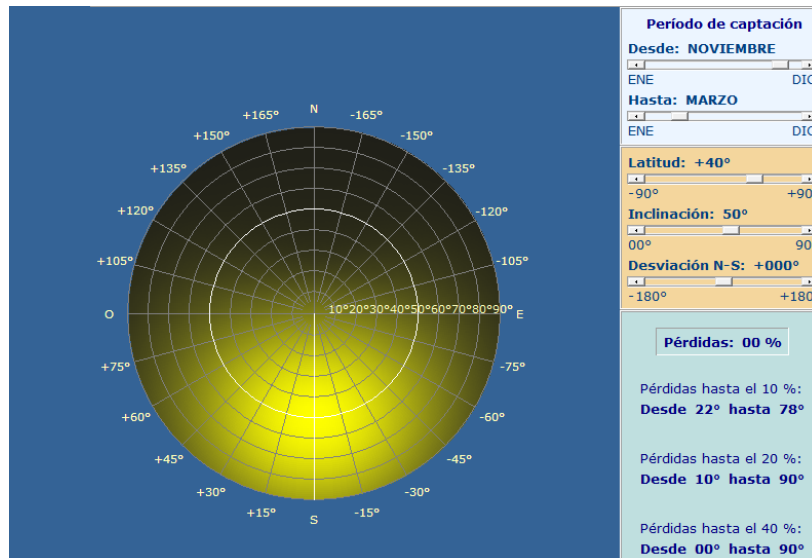


Gráfico 3.9: Calculo de pérdidas según la inclinación para Invierno sin incluir Octubre ni Abril.

Observamos como para los meses fríos, de Noviembre a Marzo, la instalación tiene un 0% de pérdidas por posición.

3.3.3 Cálculo de pérdidas por sombras:

En este estudio se identifican dos tipos de perdidas por sombras en los colectores, primero , la perdida por sombras producidas por obstáculos y segundo, la perdida por sombras producidas por los propios colectores.

Dado que la vivienda sometida a estudio es una vivienda unifamiliar aislada, y además no está en una zona con vegetación no presenta sombras producidas por objetos, por que el estudio por sombras se limitará al estudio de las producidas por los propios colectores.

Se calculará la distancia mínima que debe haber entre los colectores para que las pérdidas por sombreado sean las mínimas.

Esta distancia viene dada por la expresión: (fuente: PCT)

$$d = \frac{h}{\tan(61^\circ - \arctan(\tan(\alpha)))}$$

Eligiendo el Colector Isotherm Plus de Isofoton :

El colector tiene una altura $H=2278\text{mm}$

La particularidad de nuestro techo es que tiene una pendiente de 20° por lo que h responde a la siguiente fórmula:

$$h = H \cdot \sin(50^\circ) - X \cdot \tan(20^\circ)$$

Siendo X la distancia medida desde la base del colector, por lo que será:

$$X = (H \cdot \cos(50^\circ)) + d$$



De esta forma obtenemos finalmente la distancia entre colectores, d:

$$d = 1620 \text{ mm}$$

3.3.4 Conexionado:

En el conexionado de los captadores se pretende alcanzar un flujo uniforme a través de cada uno de ellos. De esta manera, cada captador podría operar con el mayor rendimiento, evitando que se formen zonas con un flujo muy débil o deficiente.

En la instalación típica de ACS de baja temperatura, unos 50°, es desaconsejable la conexión en serie de los captadores, cuyo único beneficio radica en la reducción de caudal en el primario, a cambio de incrementar las pérdidas térmicas, por el aumento de la temperatura de trabajo.

Por ello en nuestro proyecto se dispondrá de captadores acoplados entre sí en paralelo, formando una fila horizontal y bien alineada.

La fila será de 6 captadores que son los que recomienda el fabricante como máximo por batería de colectores

Cuando se interconectan varios captadores entre sí para formar una batería, normalmente se pretende hacer circular el mismo caudal de fluido a través de cada captador siendo el caudal total la suma de los caudales individuales que circulan por cada captador. Por ese motivo se utiliza el conexionado en paralelo.

Para un correcto funcionamiento de la instalación, las baterías deben estar equilibradas hidráulicamente. Esto se consigue mediante la utilización de válvulas de equilibrado o bien, usando el mismo número de captadores por batería y mediante un diseño de las tuberías en “retorno invertido”. Se aconseja en el PCT, que el equilibrado del circuito se haga por retorno invertido siempre que sea posible. Para ello, la conexión de entrada a cada línea se realizará por el tubo de conexión inferior del primer captador y la salida por el tubo de conexión del último captador de la batería y diseñando la misma longitud hidráulica en cualquier caso. De esta forma se consigue que el recorrido hidráulico sea similar y por tanto se obtengan iguales pérdidas de carga y por tanto caudales similares en todos los captadores.

La conexión de los seis captadores Isotherm Plus quedará de la siguiente forma:

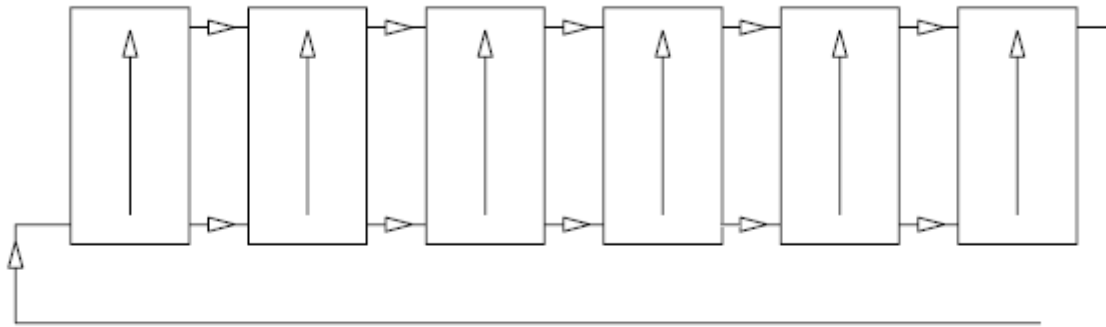


Ilustración 3.2: Conexión en paralelo de los captadores Isotherm Plus

Y sobre la cubierta tendrán esta disposición en la fachada sur de la vivienda, que por otro lado es la óptima:

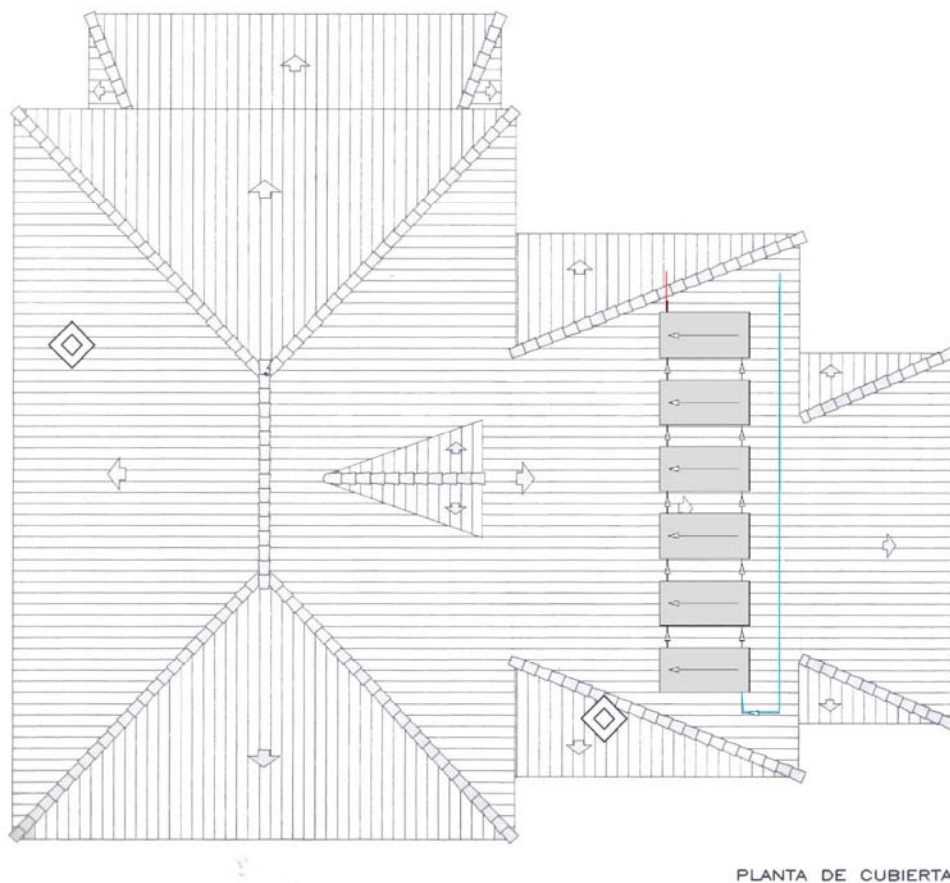


Ilustración 3.3: Planta de cubierta con los colectores dispuestos sobre ella.

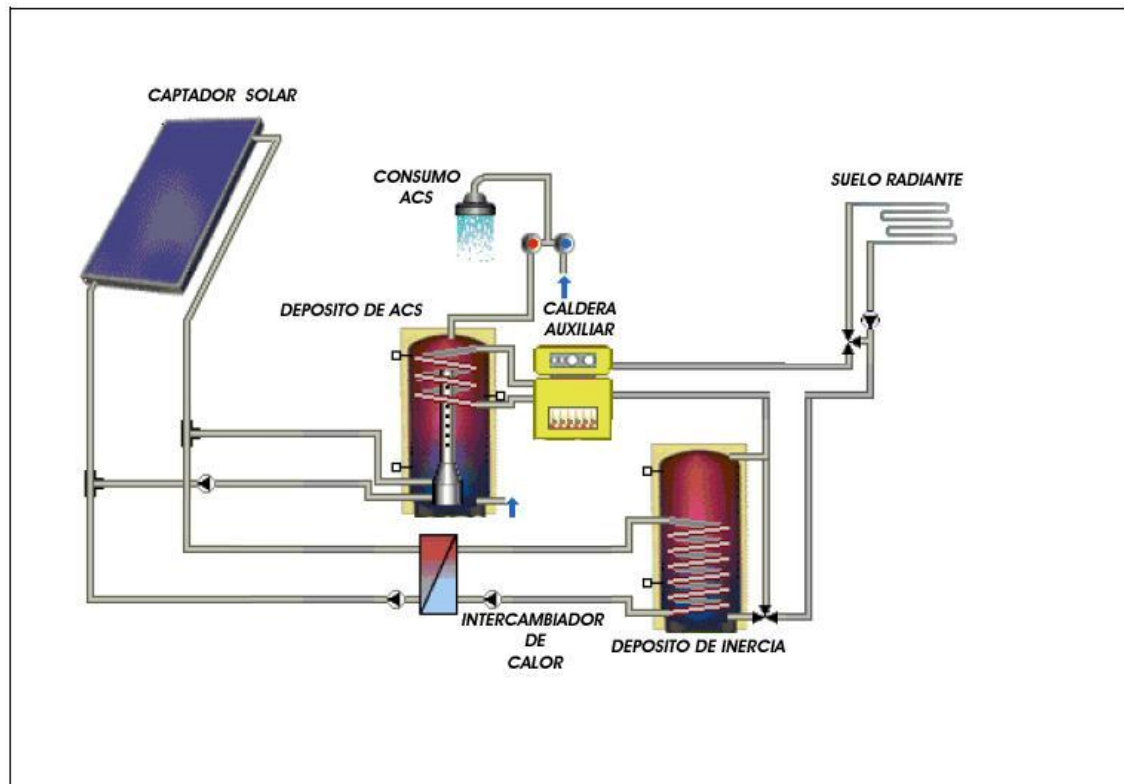


CAPITULO 4: DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

4.1 Introducción:

En este apartado vamos a explicar el funcionamiento básico de la instalación y la descripción de los componentes que contiene. Como tenemos una instalación que sirve tanto para ACS, como para calefacción, habrá muchos componentes comunes y otros que sean sólo para cada una de las aplicaciones.

Primero realizaremos una descripción del funcionamiento de la instalación y de sus partes, para después explicar sus componentes uno a uno.



Ilustracion 4.1

4.2 Descripción general de una instalación solar.

La organización de los componentes en conjuntos funcionales o sistemas de una instalación y las interconexiones entre ellos, constituyen una pieza fundamental en el análisis y funcionamiento de una instalación solar.

También son muy importantes los criterios fundamentales de funcionamiento de la instalación, que también estudiaremos, tales como el principio de circulación del fluido de trabajo, mecanismos de transferencias de calor, etc.



4.2.1 Criterios funcionales: Clasificación de la Instalación:

Hay varios criterios funcionales que condicionan el funcionamiento de una instalación solar, según el “Pliego de Condiciones Técnicas”. Estos criterios son los siguientes:

- Principio de circulación del fluido de trabajo en el circuito de captación.
- Sistema de transferencia de calor desde el circuito de captación solar al circuito de consumo.
- Tipo de sistema de expansión utilizado.
- Tipo de sistema de apoyo.
- Forma de acoplamiento del sistema de apoyo en la instalación solar.

4.2.1.1 Principio de circulación.

Se refiere al mecanismo mediante el cual se produce el movimiento del fluido que circula en el circuito de captadores. Debe distinguirse entre circulación forzada o por bomba y la circulación natural o por termosifón.

En nuestra instalación utilizaremos circulación forzada, de la que haremos una descripción a continuación:

- **Circulación forzada**

Utiliza una bomba de circulación para hacer circular el fluido de trabajo a través de los captadores solares por lo que la transferencia de calor al fluido tiene lugar por convección forzada.

La instalación dispone de un sistema de control, normalmente de tipo diferencial, que activa o desactiva la bomba dependiendo de la diferencia de temperaturas entre dos sondas. Habitualmente una de estas sondas se encuentra colocada a la salida de los captadores solares y la otra se instala en la parte inferior del acumulador. Esta estrategia de control es la más utilizada, si bien se pueden emplear otras en función de la configuración de la instalación.

En las instalaciones de circulación forzada es necesario, por tanto, un consumo eléctrico auxiliar para disponer de la energía térmica y, por ello, se debe garantizar que la ganancia térmica no esté hipotecada por un consumo eléctrico significativo. De ahí la necesidad de optimizar la potencia eléctrica instalada y por otro lado, las horas de funcionamiento en relación con la energía útil obtenida.

4.2.1.2 Sistema de transferencia de calor.

Este criterio define cómo se produce la transferencia de calor desde el fluido de trabajo de captadores al agua caliente destinada al consumo. Atendiendo a que tengan intercambiador que participe en este proceso o no, puede distinguirse entre instalaciones indirectas y directas.

En nuestra instalación vamos a usar instalaciones directas por el uso de anticongelantes en el fluido caloportador, ya que se alcanzan temperaturas por debajo de 0°C.



- **Instalaciones indirectas**

En estas instalaciones el fluido que circula por los captadores solares no es agua destinada al consumo. Incorporan uno o varios intercambiadores que separan ambos fluidos, estando situados los intercambiadores en el circuito primario, para que la mezcla de fluidos no afecte a las instalaciones del circuito terciario y entre el circuito terciario y el circuito de consumo, para separar el agua que pasa por los sistemas de calefacción y climatización del agua de consumo. Se caracterizan porque:

- Permiten utilizar una mezcla de agua con anticongelante como fluido de trabajo en el circuito primario que actúa como sistema de protección frente a heladas en la instalación.
- Evitan el contacto directo del agua de consumo con los captadores, con lo que se eliminan las incrustaciones calcáreas en los mismos y disminuye el riesgo de corrosión en el circuito primario.
- La instalación puede funcionar con presiones de trabajo distintas en cada uno de los circuitos.

4.2.1.3 Tipo de sistema de apoyo.

En este criterio se considera el diseño y funcionamiento del sistema convencional de preparación de agua caliente que acoplado a la instalación solar termina de preparar el agua caliente para su uso.

Los sistemas de apoyo pueden clasificarse en sistemas instantáneos y de acumulación, así como todo el rango de sistemas seminstantáneos o de semiacumulación, cuyas características pueden analizarse en cualquier tratado de instalaciones térmicas convencionales.

Los sistemas de apoyo también pueden clasificarse por el tipo de energía que utilizan, ya sean combustibles, electricidad u otras renovables.

Los sistemas de apoyo también pueden clasificarse como centralizados o individuales en función del lugar donde se produce la transformación de energía de apoyo en energía térmica final. En nuestra instalación vamos a utilizar un sistema centralizado.

- **Sistemas centralizados.**

Los sistemas de apoyo centralizados utilizan instalaciones comunes para un conjunto de usuarios o de puntos de consumo y se encargan de preparar el agua caliente que posteriormente se distribuye. Los sistemas de apoyo centralizados sólo son acoplables a instalaciones solares centralizadas.



4.2.1.4 Forma de acoplamiento del sistema de apoyo.

Además del tipo de sistema de energía de apoyo empleado, la forma de acoplamiento entre la instalación solar y el sistema de apoyo influye en el funcionamiento global de la instalación de producción de agua caliente sanitaria.

El sistema de apoyo se distingue entre acoplamiento en serie y acoplamiento en paralelo. En este proyecto se van a utilizar las dos configuraciones, en serie para el suministro de agua caliente sanitaria y en paralelo para suministrar el agua caliente al sistema de calefacción

- **Acoplamiento en serie.**

Mediante este conexionado se consigue que el agua destinada a consumo sea calentada inicialmente por la instalación solar y, en segundo lugar sea el sistema de apoyo quien se encarga, cuando sea necesario, de realizar el calentamiento final hasta la temperatura deseada.

En nuestro caso, se sitúa en serie con el tanque de ACS, calentando el agua que proviene del tanque hasta la temperatura de consumo. En los meses de verano, el agua para consumo no hará uso de este sistema de apoyo ya que se consigue la temperatura deseada.

- **Acoplamiento en paralelo.**

El abastecimiento de agua caliente se realiza, opcionalmente, desde el sistema de apoyo o desde la instalación solar. Para dar el servicio adecuado, esta forma de acoplamiento requiere que el acumulador solar disponga de la temperatura de preparación mínima establecida. Cuando la temperatura del acumulador solar desciende del valor de consigna asignado, la conexión debe conmutarse al sistema de apoyo. En este tipo de acoplamiento resulta necesario manipular, manual o automáticamente, la conexión de ambos sistemas.

4.2.2 Resumen de la clasificación de la instalación:

La presente instalación presenta las siguientes características:

- Es una instalación de circulación forzada (bomba)
- La transferencia de calor se da por un intercambiador independiente
- El vaso de expansión es cerrado
- El sistema de aporte de energía auxiliar será centralizado en línea para ACS y en paralelo para calefacción
- La aplicación de la instalación será de producción combinada de ACS y calefacción.



4.2.3 Sistemas y circuitos de una instalación solar.

El sistema básico de una instalación solar térmica consta de los siguientes **sistemas**:

- Sistema de captación: transforma la radiación solar incidente en energía térmica aumentando la temperatura del fluido de trabajo. Está compuesto por los colectores solares
- Sistema de intercambio: realiza la transferencia de calor entre el fluido de trabajo que circula por el circuito primario y el agua que circula por el circuito secundario. Está formado por el intercambiador de calor del primario. También tenemos otro sistema de intercambio, en el caso de nuestra instalación, entre el tanque solar y el tanque de ACS.
- Sistema de acumulación: almacena la energía térmica en forma de agua caliente. Tendremos dos tanques, el tanque solar y el de ACS.
- Sistema de transporte: hace circular el fluido de trabajo por el circuito primario y el agua por el circuito secundario, terciario y de consumo.
- Sistema de control: encargado de asegurar el correcto funcionamiento de la instalación solar.
- Sistema de energía de apoyo: complementa el aporte solar suministrando la energía adicional necesaria para cubrir la demanda prevista.
- Sistema de calefacción: es el encargado de proporcionar calefacción mediante un sistema de suelo radiante.

Además la instalación solar térmica consta de los siguientes **circuitos**:

- Circuito primario: formado por los captadores y las tuberías que los unen, en el que el circuito de trabajo recoge la energía térmica producida en los captadores y la transfiere al circuito secundario a través de un intercambiador de calor.
- Circuito secundario: en el que se recoge la energía captada en el circuito primario a través de un sistema de intercambio y se transfiere al sistema de acumulación. Cabe señalar que en los circuitos donde el intercambio de calor se produce mediante serpentín este circuito no existirá.
- Circuito terciario: se recoge la energía del acumulador proporcionada por el circuito secundario y se usa para alimentar al sistema de suelo radiante para calefacción.
- Circuito de consumo: formado por la red de alimentación de agua fría y un tanque solar al que se proporciona energía desde el circuito primario mediante un serpentín instalado en el interior del acumulador.

4.3 Descripción de los componentes de una instalación solar.

A continuación vamos a realizar una descripción de los componentes más importantes de nuestra instalación solar, válida para todas las aplicaciones del proyecto (ACS y calefacción), ya que estas aplicaciones tienen muchos elementos comunes. Los que sean exclusivos de cada una de ellas los comentaremos en el apartado correspondiente.

4.3.1 Captador solar plano.

El captador solar es un intercambiador de calor en el que la radiación solar se transforma en energía térmica aumentando la temperatura del fluido que circula a través de él. Además también se calienta el conjunto del captador.

Existen diversos tipos de captadores solares: planos con diferentes variantes (de vacío, CPC, etc.), cilíndricos parabólicos, etc. En nuestra instalación vamos a utilizar el captador solar plano.

El colector solar plano es el tipo más extendido en los sistemas de baja temperatura. Su construcción está basada en el llamado “efecto invernadero” que consiste en captar en su interior la energía solar, transformándola en energía térmica e impidiendo su salida al exterior.

Están compuestos por un absorbedor metálico colocado en una carcasa plana bien aislada térmicamente, lo cual posee una cubierta transparente en el lado en que incide la radiación solar. En la superficie del colector se recibe la energía solar, que es convertida directamente en energía térmica. Debido al buen aislamiento de estos colectores, pueden lograr incrementos de temperatura entre 40° y 70° por encima de la temperatura ambiente con un buen rendimiento.

Se va a dar un breve resumen de su funcionamiento:

4.3.1.1 Principio de funcionamiento.

La radiación solar, de longitud de onda corta (0,2 – 3 mm), que atraviesa la cubierta transparente e incide sobre el absorbedor aumenta la temperatura de este último y de todos los elementos de su entorno (fluido de trabajo, cristal, etc.). El absorbedor al calentarse, emite radiación de onda larga (7 – 14 mm) que no puede salir al exterior, debido a que la cubierta transparente es opaca frente a esa radiación infrarroja de onda larga. Este fenómeno de selectividad transmisiva es el responsable de que se produzca el denominado efecto invernadero en el captador solar, es decir, que la radiación solar entra en su mayor parte en el dispositivo y la radiación infrarroja que se genera, no puede salir.

La cubierta transparente disminuye las pérdidas por convección ya que evita el contacto directo del absorbedor con el aire ambiente. Las pérdidas por radiación disminuyen a medida que la cubierta presenta mayor opacidad frente a la radiación emitida por el absorbedor. Con objeto de minimizar las pérdidas térmicas por conducción a través de los laterales y la parte posterior de la carcasa, se coloca material aislante en los laterales y parte posterior del absorbedor.

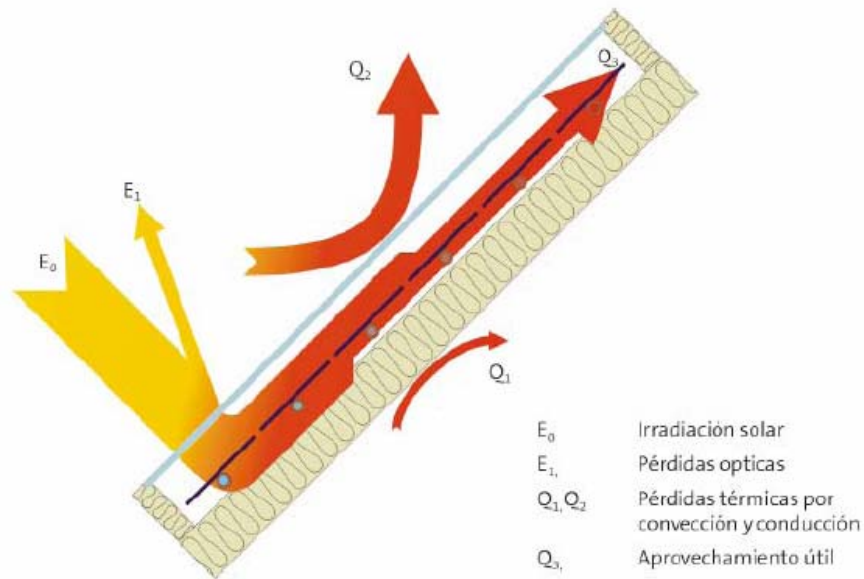


Ilustración 4.2: Pérdidas que se experimentan en un colector solar (fuente: “Curso de Experto profesional en energía solar térmica”)

4.3.1.2 Componentes del captador solar plano.

A continuación se muestran los principales componentes del captador.

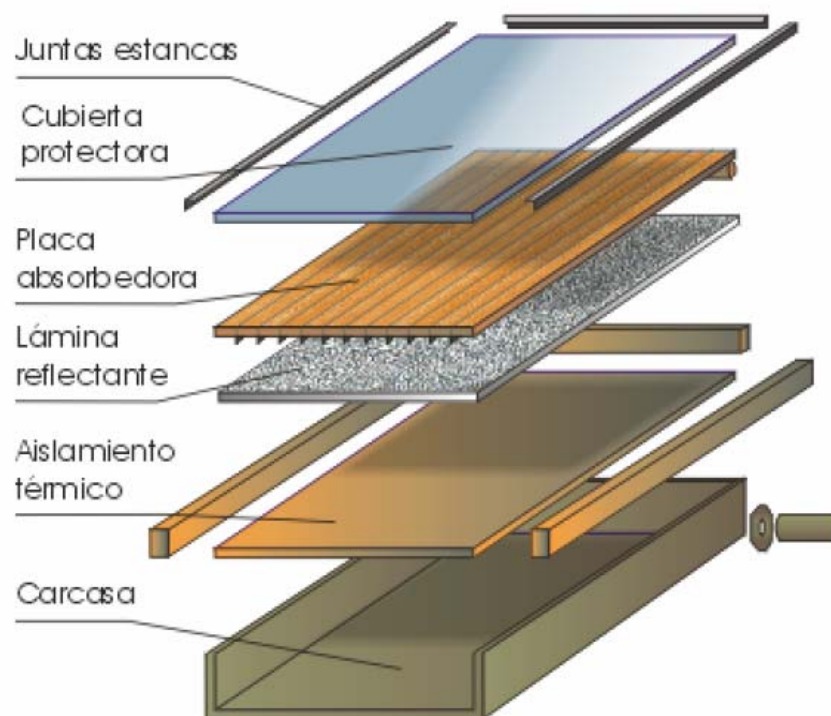


Ilustración 4.3. Esquema de un colector solar plano: (fuente: “Curso de Experto profesional en energía solar térmica”)



4.3.1.2.1 Cubierta:

Es un elemento plano de material transparente a la radiación solar que cumple los siguientes objetivos:

- Reducir las pérdidas térmicas del absorbedor por convección. La cámara de aire existente entre el absorbedor y la cubierta reduce las pérdidas por convección al evitar el contacto directo del absorbedor con el ambiente exterior.
- Reducir las pérdidas térmicas del absorbedor por radiación. Para ello además de permitir que la radiación solar atraviese la cubierta, debe conseguir que la radiación emitida por el absorbedor no salga al exterior.
- Asegurar, conjuntamente con la carcasa, el cierre del captador y proteger el absorbedor frente a los agentes externos.
- Asegurar la estanqueidad del colector al agua y al aire, en unión con la carcasa y las juntas.

Las cubiertas transparentes deben tener las características de resistencia y durabilidad necesarias para que funcione a lo largo de su vida útil que, de hecho, es muy elevada cuando se trata de vidrios; deben considerarse en el diseño la resistencia al viento, granizo, lluvia, radiación ultravioleta, etc. Habitualmente se utilizan cubiertas de vidrio mucho más que las cubiertas de plástico.

Es importante a la hora de elegir la cubierta de vidrio que sea templado de bajo contenido en hierro.

4.3.1.2.2 Placa absorbadora:

Es el componente donde se produce la conversión de la radiación solar en energía térmica. Consiste en una superficie plana constituida por una lámina o varias aletas metálicas adheridas a un circuito hidráulico a través del cual circula el fluido de trabajo para evacuar la energía captada.

Las características ópticas del absorbedor (reflectancia, absorbancia y emisividad) tienen una gran influencia en el rendimiento de conversión de la radiación solar incidente en energía térmica debido a que afectan directamente a las ganancias y pérdidas por radiación del captador solar.

Los diseños típicos suelen ser, absorbedor en forma de parrilla de tubos y absorbedor tipo serpentín. En nuestra instalación vamos a usar el absorbedor en forma de parrilla de tubos.

- Absorbedor en forma de parrilla de tubos: el absorbedor está constituido por varias tuberías paralelas conectadas a dos colectores (conductos de distribución) de mayor diámetro formando la denominada parrilla de tubos.



4.3.1.2.3 Aislamiento térmico:

Se coloca en los laterales y en el fondo de la carcasa para reducir las pérdidas térmicas por conducción. Debe poseer las siguientes características:

- Buen comportamiento con la temperatura.
- Bajo desprendimiento de vapores por efecto de un elevado calentamiento.
- Homogeneidad en sus propiedades frente a la humedad.

4.3.1.2.4 Carcasa:

Junto con la cubierta, constituye el contenedor del resto de componentes del captador, los protege de la intemperie y da rigidez al conjunto.

Debe cumplir las siguientes características:

- Resistencia mecánica suficiente para soportar tanto las condiciones de montaje como su uso.
- Buen comportamiento del material frente al ambiente exterior y a las condiciones de funcionamiento.
- Resistencia a las variaciones de temperatura, a la corrosión y a la inestabilidad química.
- Alta durabilidad.
- Peso lo más bajo posible para facilitar el montaje y disminuir las cargas sobre las cubiertas sobre las que se debe montar.

4.3.2 Fluido caloportador.

Está compuesto por una mezcla de agua y anticongelante, ya que en la situación donde está situada nuestra instalación se alcanzan temperaturas inferiores a 0°C.

Es el encargado de absorber la radiación en forma de calor procedente del absorbedor.

El usado en esta instalación es propilenglicol.

Las características más importantes del propilenglicol son las siguientes:

- Muy baja toxicidad.
- Son muy viscosos.
- Densidad similar a la del agua.
- Inodoro e incoloro.
- Alto punto de ebullición.



- Totalmente miscible en agua.

4.3.3 Intercambiador.

Son necesarios en las instalaciones cuando se requiere de dos circuitos independientes. De esta forma, por ejemplo en los colectores se puede hacer uso de una mezcla de agua más anticongelante, y como en nuestro caso, para separar el agua de consumo del utilizado en los sistemas de climatización y calefacción.

Para que pueda ocurrir una transferencia de calor de un fluido a otro, estos se tienen que encontrar a diferentes temperatura, transfiriéndose el calor a través de la superficie del intercambiador del fluido caliente al frío.

Se entiende por rendimiento la relación entre la energía obtenida a la salida y la introducida en el intercambiador. Ésta no debe ser inferior al 95%.

La eficacia se define como la relación entre la potencia calorífica realmente intercambiada y la máxima que podría intercambiarse teóricamente. Su valor no debe ser inferior a 0,7.

La cantidad de calor que un intercambiador puede transmitir depende de diferentes factores. Este intercambio aumenta cuanto mayor sea la:

- Superficie de calentamiento del intercambiador.
- Diferencias de temperaturas entre el lado frío y el caliente.
- Velocidad de circulación de los fluidos en los dos lados del intercambiador.

Existen distintos tipos de intercambiadores, los veremos a continuación:

Intercambiadores Internos:

Este tipo de intercambiadores se utilizan en instalaciones pequeñas, debido a que son fáciles de instalar y no ocupan espacio adicional, ya que están colocados en el interior de acumulador. Este tipo de intercambiadores evitan las pérdidas de calor que ocasionan los intercambiadores situados en el exterior del acumulador.

Ventajas:

Son económicos,

Necesitan poco espacio

Inconvenientes:

Potencia de transmisión de calor pequeña

Potencia disminuye debido a la cal.

El tamaño es limitado, debido al acumulador

Cada acumulador necesita un intercambiador.

- Intercambiador de serpentín:

En las instalaciones solares se recomienda una superficie de intercambio de calor de 35% de la superficie de colectores, es decir, $0,35 \text{ m}^2$ por cada m^2 de superficie de colectores.

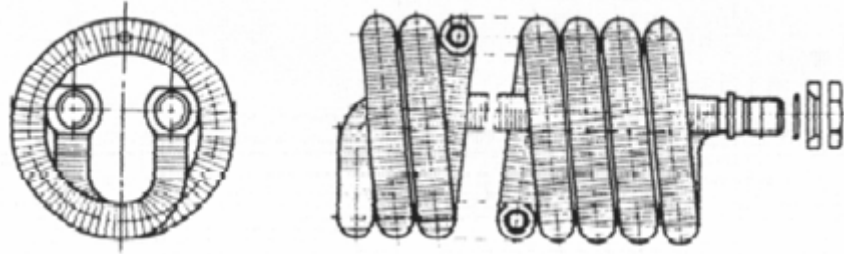


Ilustración 4.4: intercambiador de serpentín (fuente: “Curso de Experto profesional en energía solar térmica”)

- Intercambiadores de tubo liso:

Este tipo de intercambiadores se encuentran fijado en los laterales del acumulador.

En las instalaciones solares se recomienda una superficie de intercambio de calor de $0,2 \text{ m}^2$ por cada m^2 de superficie de colectores. Este tipo de colector al estar fijados al acumulador no es posible cambiarlos si la superficie de colectores aumenta.

- Intercambiador de doble envolvente

Estos intercambiadores están integrados en algunos acumuladores. Se utiliza en instalaciones por termosifón debido a la pequeña resistencia a la circulación que presentan. Sufren de algunos inconvenientes:

La estratificación del acumulador donde está colocada la envolvente se encuentra distorsionada

La medida de temperatura y la colocación de los sensores es difícil por lo que el acumulador no se carga de forma óptima.

La cantidad de calor que se intercambia es pequeña, debido a la baja velocidad del fluido.

El rendimiento es pequeño debido a la baja velocidad del fluido en la envolvente.

Intercambiadores externos:

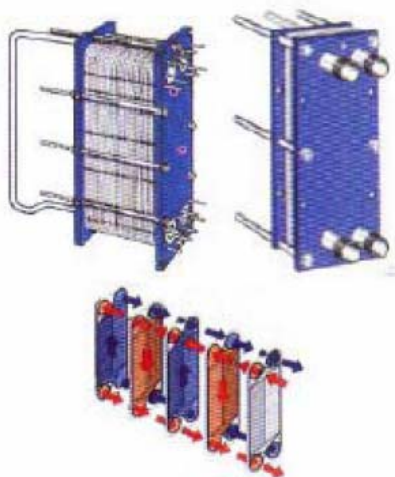
Estos intercambiadores se utilizan sobre todo en instalaciones solares de medianas a grandes. En instalaciones solares pequeñas no aportan ninguna ventaja económica con respecto a los intercambiadores internos.

Ventajas:

- Alta potencia de transmisión
- Libre dimensionado de la potencia
- Pequeñas diferencias de temperaturas
- Ninguna disminución de potencia debido a cal
- Un intercambiador se puede utilizar para mas de un acumulador
- Fácil de mantener

Inconvenientes:

- Altos costes de intercambiador y las bombas
- Altas pérdidas de calor



Ilustracion 4.5: Intercambiador de placas: (fuente: “Curso de Experto profesional en energia solar térmica”)

En la presente instalación se utilizara un intercambiador interno de placas para el circuito primaria hacia el tanque solar. Y un intercambiador de calor interno de tipo serpentín simple en el acumulador de ACS.



4.3.4 Acumulador.

Una instalación solar térmica para producción de ACS u otro tipo de aplicaciones requiere de un sistema de acumulación de energía que permita acoplar en el tiempo la oferta de radiación y la demanda de agua caliente para consumo y para climatización o calefacción.

La acumulación debe almacenar energía térmica con la mayor eficacia posible; dentro del término eficiencia se engloban la calidad de la estratificación de temperaturas (distribución vertical de temperaturas alcanzada en un acumulador) y las pérdidas térmicas.

Los materiales utilizados habitualmente en la fabricación de estos acumuladores son acero, acero inoxidable, aluminio y fibra de vidrio reforzado. El depósito de acero es el más utilizado debido a su precio, si bien es necesario de una protección interior frente a la corrosión.

En nuestra instalación utilizaremos dos acumuladores, uno para la demanda de calefacción (tanque solar) y otro para la demanda de agua caliente sanitaria (tanque ACS).

Para disminuir las pérdidas térmicas (ya que se pueden llegar a alcanzar temperaturas muy altas), ha de cubrirse toda la superficie exterior del acumulador, tuberías y bocas de conexión con material aislante adecuado que, en caso de que el acumulador esté situado en el exterior, ha de ser también resistente a la humedad y a la radiación solar. También se recomienda emplear acumuladores en los que el cociente entre la superficie exterior y el volumen sea bajo.

4.3.4.1 Estratificación de temperaturas.

Cuando un acumulador se encuentra estratificado, la temperatura del acumulador es una función de su altura vertical, decreciendo con la temperatura de la parte superior a la inferior.

La calidad de la estratificación queda configurada por los procesos de:

- Calentamiento o carga térmica.
- Mezcla por circulación interna o durante la descarga térmica.
- Degradación por transferencia térmica.

En estos procesos tiene gran importancia la configuración del acumulador, la situación de las conexiones y las velocidades de circulación del fluido en el interior.

La eficacia de una instalación solar aumenta al hacerlo la estratificación de temperaturas en el acumulador porque:

- Cuando existe consumo de agua caliente, al estar el agua caliente en la parte superior, es ésta la que va primero hacia el consumo consiguiéndose por tanto trasvasar el agua a mayor temperatura y retardar, en su caso, la activación del sistema de apoyo.



MEMORIA

- El agua almacenada en la parte inferior se encuentra a inferior temperatura por lo que el agua que va desde el acumulador hasta los captadores o el fluido de trabajo que va desde el intercambiador hacia los captadores también está a menos temperatura. En ambas situaciones la temperatura de entrada a captadores es más baja y por tanto el rendimiento de éstos aumenta.

Para aumentar la estratificación en el sistema de acumulación de una instalación solar se recomienda tomar las siguientes medidas:

- Emplear acumuladores de configuración vertical.
- Incorporar dispositivos (deflectores, tubos difusores) en las tuberías de entrada al acumulador que reduzcan la velocidad de entrada del agua.
- Situar correctamente las tuberías de conexión. En este sentido que se recomienda:
 - La tubería de entrada de agua fría descargue al acumulador por la parte inferior del mismo. Con esto se consigue además de mejorar la estratificación de temperaturas aumentar el volumen útil del acumulador que participa en los procesos de carga y descarga térmica.
 - La tubería de salida al consumo tome agua de la parte superior del acumulador.
 - Que la disposición de las diversas tuberías de entrada y de salida facilite el proceso de calentamiento en todo el acumulador.

4.3.5 Bomba de circulación.

Se emplea en una instalación de circulación forzada para hacer circular el fluido contenido en el circuito primario y, en caso de existir, también el del secundario y terciario.

En una instalación solar se pueden alcanzar temperaturas muy elevadas por lo que, especialmente en el circuito primario, la bomba debe instalarse en la zona más fría (tubería de ida hacia los captadores solares en el circuito primario). Incluso en esta tubería se pueden alcanzar picos de temperatura máxima de hasta 130°C por lo que deben tomarse medidas correspondientes para soportarlos, a pesar de que estos picos suelen aparecer con poca frecuencia y se mantienen durante poco tiempo (segundos o escasos minutos).

Por otra parte, debido a la aleatoriedad de la radiación solar, las bombas pueden experimentar arranques y paradas frecuentes por lo que han de estar preparadas para responder adecuadamente frente a estas situaciones.

Al hacer la elección de la bomba para la instalación tendremos que tener en cuenta la pérdida de carga de ésta y el caudal, ya que son los factores más importantes para la elección de la bomba. Por ejemplo, la pérdida de carga en el circuito primario sería la que se produce en el colector, intercambiador y tuberías.



4.3.6 Vaso de expansión.

Su finalidad es la de absorber las dilataciones del fluido caloportador, por lo que todas las instalaciones de agua caliente sanitaria deben equiparse con depósitos de expansión. Cuando crece la presión en la instalación debido a la dilatación del fluido caloportador, el fluido sobrante entra en el vaso y empuja a la membrana. El gas se comprime, evitando variaciones de presión.

Existen vasos de expansión abiertos y cerrados. En nuestra instalación pondremos cerrados ya que los abiertos no están permitidos.

4.3.7 Elementos de montaje y sujeción.

Su función es la de sujetar los colectores con la inclinación y orientación calculada en el proyecto. Las características de una buena estructura de soporte son las de rapidez de montaje, coste bajo y seguridad en el anclaje y sujeción.

El tipo de anclaje dependerá de la ubicación de los colectores según estén en cubierta o terraza, y dependiendo de las fuerzas que actúen sobre él como consecuencia de la presión del viento a la que se ve sometido.

4.3.8 Tuberías y aislamientos.

Debido a los altos niveles de presión y temperaturas que se pueden alcanzar en una instalación solar se recomienda utilizar tuberías y elementos de conexión metálicos. Estas tuberías y accesorios de conexión han de ser compatibles con el resto de elementos que constituyen la instalación solar y con el tipo de fluido empleado, resistentes a la corrosión, presentar buena estabilidad térmica y mecánica, etc.

El cobre es el material más aconsejable por tener unas altas prestaciones en cuanto a resistencia a la corrosión, maleabilidad, ductilidad e inocuidad, además de ser económicamente muy competitivo.

En cuanto al aislante, la singularidad más evidente de los materiales aislantes radica en que, debido a que en muchos casos se encuentran situados en tramos exteriores, han de comportarse adecuadamente frente a la radiación solar, humedad, corrosión y han de ser resistentes a la acción de posibles animales que se encuentren en el exterior (pájaros, roedores, etc.).

4.3.9 Otros elementos de la instalación.

4.3.9.1 Purgador y desaireador.

El purgador tiene como función evacuar los gases contenidos en el fluido caloportador, los cuales pueden dar lugar a la formación de bolsas que impiden la correcta circulación del fluido, además de provocar corrosiones. Para su correcto funcionamiento hay que colocar el purgador en el punto más alto de la instalación.



El desaireador asegura que los gases disueltos en el líquido sean evacuados hacia el exterior por el purgador.

4.3.9.2 Manómetros.

Para darnos los valores de la presión en el circuito.

4.3.9.3 Termómetros y termostatos.

Los termómetros son los encargados de dar la temperatura del fluido. Mientras que los termostatos son los encargados de transformar una lectura de temperatura en una señal eléctrica que ponga en funcionamiento un determinado mecanismo.

4.3.9.4 Válvulas.

Son las encargadas de permitir o impedir el paso de fluido. Las más importantes son las siguientes:

- Válvulas de corte: en el campo de colectores se utilizan para poder independizar las agrupaciones de baterías de colectores que se hayan establecido facilitando la realización de operaciones de mantenimiento.
- Válvulas de regulación: son de especial aplicación para regular el caudal de circulación del fluido de los distintos ramales, circuitos, etc.
- Válvulas de retención: para evitar los flujos inversos no deseados que se producen, cuando las configuraciones de los circuitos lo permiten, entre el acumulador y captadores.
- Válvulas de seguridad: además de en los acumuladores, deben utilizarse en las agrupaciones de captadores que se puedan independizar donde se alcanzan condiciones de estancamiento y, habitualmente, se produce vapor.
- Válvulas de tres vías: se usan para regular la circulación por distintas conducciones según el momento, suelen estar reguladas por una señal eléctrica procedente del regulador diferencial o de un termostato.

4.3.9.5 Grifo de vaciado.

Se utiliza cuando es necesario vaciar el circuito. Para conseguirlo con rapidez y comodidad se debe colocar en la parte inferior de los circuitos.



4.3.9.6 Sistema de llenado.

Los sistemas cerrados deben incorporar un sistema de llenado, manual o automático, que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado en caso de pérdidas. Debido a que algunos componentes se encuentran situados al exterior, en muchas ocasiones el fluido utilizado en el circuito primario es una mezcla de agua con anticongelantes por lo que si se producen fugas en este circuito deben ser repuestas con la misma concentración de anticongelante en la mezcla.

4.3.10 Otros elementos externos a la instalación solar.

4.3.10.1 Sistema de energía de apoyo.

La función que tiene es calentar el agua, cuando sea necesario, para cumplir las necesidades de temperatura que se necesitan para el consumo o para la calefacción. Para ello, el agua se hace pasar por el sistema de apoyo, calentándola éste. El calentamiento de agua para ACS y para calefacción será independiente. Obteniendo el agua para ACS del tanque destinado a tal fin y cogiendo el agua para las otras dos aplicaciones del tanque solar.

Los sistemas de producción de agua caliente sanitaria empleados como sistemas de apoyo en las instalaciones solares tienen que cumplir, de forma resumida, las siguientes condiciones para aprovechar adecuadamente las prestaciones energéticas aportadas por la instalación solar:

- Admitir agua caliente a la entrada.
- Disponer de regulación de la temperatura de salida.

Los sistemas de apoyo utilizados suelen ser instantáneos o con acumulación. En estos últimos, con anterioridad a que tenga lugar el consumo de agua caliente, se prepara una determinada cantidad de agua que se almacena en un acumulador desde el que se distribuye el agua caliente al consumo.

A efectos energéticos, los factores que más influyen en el comportamiento de un sistema con acumulación son el correcto dimensionado del mismo, la temperatura de preparación, el nivel de aislamiento y el nivel de estratificación de temperaturas alcanzado.

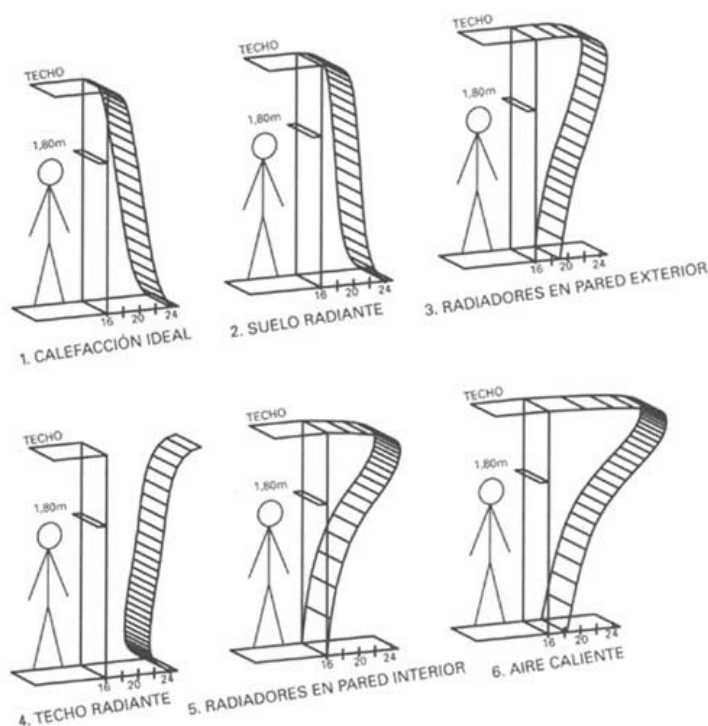
4.3.10.2 Suelo radiante.

La calefacción por suelo radiante consistente en una tubería empotrada en la capa de mortero que discurre por toda la superficie del local a calefactar. Esta tubería conduce agua caliente (a baja temperatura respecto a otros sistemas de calefacción) producida generalmente por una caldera. En nuestro caso, mediante la instalación solar se conseguirá aportar una parte de la energía necesaria para el uso de suelo radiante. Para llegar a la temperatura final necesaria se hará uso de una caldera de apoyo, al igual que para calentar el agua para el consumo de ACS.

El agua cede el calor al suelo a través de la tubería y el suelo, a su vez, lo transmite al ambiente del edificio.

Ventajas del suelo radiante:

1. Distribución ideal de la temperatura: para las personas, existe una distribución ideal de la temperatura en un local (Ilustración 4.4). Si interpretamos esta curva, vemos que es conveniente conseguir una mayor temperatura en el suelo que en el techo ya que el calor en los pies produce bienestar mientras que un fuerte calor al nivel de la cabeza se traduce en malestar.
2. Distribución de temperaturas según aplicación. (Fuente: Girasolar).



Distribucion de temperaturas según la altura para distintos sistemas de calefaccion.

Ilustracion 4.6: Distribucion de temperaturas de los distintos tipos de calefacciones.

En estos gráficos de distribución de temperatura, se aprecia perfectamente que el suelo radiante es el sistema que más se acerca a la calefacción ideal. En los otros tipos de calefacción representados, la temperatura del suelo es inferior a la del techo, lo que provoca una acumulación del calor donde menos se necesita.

3. Estética: Con el suelo radiante desaparecen los radiadores.
4. No ensucia las paredes: Los radiadores provocan movimientos de aire que acaban ennegreciendo la pared en la parte superior del radiador. El suelo radiante elimina de raíz este problema ya que no genera corrientes de aire por trabajar a baja temperatura.



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial

Especialidad Mecánica

Mario Pérez Basa

5. Seguridad: El suelo radiante elimina los radiadores que siempre suponen un riesgo de quemaduras tanto para los niños como para los ancianos.
6. Ecológico: Dada la baja temperatura requerida, la instalación de suelo radiante se puede combinar con sistemas de paneles solares u otras energías alternativas.
7. Temperatura uniforme en toda la vivienda: Con la calefacción por suelo radiante, se obtiene una temperatura uniforme en toda la superficie de la vivienda (unos 22 °C) desapareciendo así las zonas frías y calientes características de la calefacción por radiadores.
8. La calefacción más confortable: La calefacción por suelo radiante elimina el efecto de "paredes frías" y permite respirar un aire más fresco con el consiguiente aumento de la sensación de bienestar. El suelo radiante asimismo mantiene el grado de humedad natural del ambiente.
9. La calefacción más saludable: La uniformidad de las variables "temperatura" y "humedad" a lo largo del espacio de un local permite un funcionamiento normal del mecanismo de regulación de la temperatura corporal. Los otros sistemas de calefacción no mantienen esta uniformidad. Al no resecar el ambiente, desaparecen los problemas respiratorios debidos a la calefacción.
10. La calefacción que ahorra energía: Contrariamente a los sistemas de calefacción por radiadores, que necesitan una temperatura media del agua de 80 °C, en los circuitos de calefacción por suelo radiante es suficiente una temperatura media del agua de 40 °C - 45 °C. Al trabajar a baja temperatura, se reducen las pérdidas de calor en las conducciones generales, tuberías que enlazan la fuente de calor con los circuitos, y se puede producir el agua caliente mediante cualquier fuente de calor (bomba de calor, calderas de alto rendimiento o paneles solares).



CAPITULO 5

DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN:

5.1 Introducción.

En este apartado expondremos las dimensiones de los elementos usados en la instalación, explicando en los casos que sea necesario el porqué de su elección. La descripción de los elementos será breve, ya que su uso está explicado en un capítulo anterior y en anexos pondremos los datos del componente elegido.

5.2 Circuito primario.

5.2.1 Colectores solares.

Vamos a utilizar 6 colectores solares de la marca Isofotón , modelo “ Isotherm Plus”.

El captador Isotherm Plus cuenta con una plancha de cobre de 2,205 m² de superficie útil y de 0,2 mm de espesor sobre la que se ha depositado oxido de titanio por sputtering o pulverización catódica. Este recubrimiento selectivo dota al absorbedor de una alta absorción (0,95) para las longitudes de onda corta de la radiación solar, y una baja emisividad en las longitudes de onda larga (0,05).



Colectores solares. (Fuente: Isofotón).



Caudal que pasa por los captadores:

El fabricante nos aconseja un caudal de 110l/h por sus captadores, esto es de manera aproximada 50l/hm^2 que es lo que se aconseja desde el PCT. Además nos aporta la pérdida de carga que sufrirá el circuito por la circulación del agua por el captador, es de 9,5 mmca.

5.2.2 Fluido caloportador.

El fluido caloportador utilizado es una mezcla de agua y propilenglicol. Ya que en Madrid se alcanzan temperaturas muy bajas, y se necesita como protección contra heladas.

Utilizaremos una **mezcla de agua y propilenglicol al 40%** proporcionada por **Ibersolar**. Viene ya mezclado con agua y se le denomina **Tyfocor L**. Es miscible con agua y dependiendo de la concentración, puede llegar a prevenir el congelamiento hasta los -50°C . Tyfocor L es un fluido no tóxico, incoloro e higroscópico. Basado en 1,2-propilenglicol, es una sustancia toxicológicamente inofensiva. Se trata de un fluido libre de nitrilos.

El fabricante del fluido caloportador nos proporciona las graficas de las que obtendremos las propiedades que necesitaremos para los cálculos.

Así pues, consultando en las tablas, las propiedades básicas son las siguientes:

Densidad a (20°C)= $1,037\text{g/cm}^3$

Densidad a (60°C)= $1,0225\text{g/cm}^3$

Viscosidad cinemática a (60°C)= $1,8 \cdot 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$

Expansión del fluido de 6°C a 60°C para un volumen de 15litros en el circuito primario. Se calculará mediante la tabla del coeficiente de expansión cubica de tal forma que : $\Delta V = 4,5\text{l}$

NOTA: las graficas están incluidas en el ANEXO I.

Por ultimo cabe destacar que si el caudal de la instalación es de 660l/h, el flujo másico de fluido será de $m = 0,187\text{kg/s}$

5.2.3 Tuberías.

Las tuberías que usaremos son de cobre, de diámetro exterior aproximado de 22 mm. Usaremos aproximadamente 40 m de tubería de la marca Technitub del modelo TB-7/8''.

Este diámetro de tubería nos lo aconseja el fabricante de los captadores solares de tal forma que, en nuestro caso un Area de colectores de $13,23\text{ m}^2$, 6 captadores se corresponde con la siguiente tabla:

Nº CAPTADORES	CAUDAL (l/h)	AREA (m ²)	DIAMETRO INTERIOR TUBERIA (mm)
1 - 7	110 - 770	2,2 - 15,4	22
8 - 15	880 - 1650	17,6 - 33	28
15 - 29	1760 - 3190	35,2 - 63,8	35

Tabla 5.1: Diámetro de tubería del circuito primario(fuente: manual de Isotherm Plus)

5.2.4 Aislante.

Como aislante usaremos 40 mm de espuma elastomérica de la marca **L'ISOLANTE K-FLEX modelo DUCT NET**. El espesor tiene que ser de 40 mm porque el RITE nos dice:

Tabla 1.2.4.2.2: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios

Diámetro exterior (mm)				Temperatura máxima del fluido (°C)		
				40...60	> 60...100	> 100...180
	D	≤	35	35	35	40
35	<	D	≤ 60	40	40	50
60	<	D	≤ 90	40	40	50
90	<	D	≤ 140	40	50	60
140	<	D		45	50	60

Tabla 5.2 Espesor mínimo de aislamiento en tuberías. (Fuente: RITE).

Nuestro caso es, diámetro exterior menor de 35 mm y temperatura máxima del fluido de ha de estar entre 60°C y 100°C ,ya que hemos de satisfacer una demanda de ACS a 60°C por lo que al menos llegaremos a esa temperatura, pero al ser una instalación de ACS, hay que sumarle 5 mm más, por lo que necesitamos 40 mm.

5.2.5 Intercambiador de calor del circuito primario.

Para el cálculo del intercambiador, tenemos en cuenta la potencia mínima que debe tener, dada por el CTE, y el caudal en el primario y en el secundario, para tener en cuenta la capacidad. La potencia la obtenemos de la siguiente forma:

- Potencia del intercambiador:

Para el cálculo de la potencia del intercambiador, el CTE nos dice: para el caso de intercambiador independiente, la potencia mínima del intercambiador P, se determinará para las condiciones de trabajo en las horas centrales del día suponiendo una radiación solar de 1000 W/m² y un rendimiento de la conversión de energía solar a calor del 50 %, cumpliéndose la condición:

$$P \geq 500 \cdot A$$

Siendo

P potencia mínima del intercambiador [W];
A el área de captadores [m²] = 13,23m²

Por lo tanto, la potencia mínima del intercambiador será de:

$$P = 6615 \text{ W}$$

Elegimos un intercambiador de placas de la marca **Viessmann Visotrans 100, modelo PWT 3003 485** con capacidad para 0,27 litros en el primario y 0,30 litros en el secundario.



Intercambiador de calor. (Fuente Viessmann).

El intercambiador registra una pérdida de carga de 25 mbar entre el primario y el secundario.

5.2.6 Bomba de circulación del primario.

Para el cálculo de la potencia en la bomba necesitamos conocer la pérdida de carga y el caudal, ya que es función de estas variables:

$$W = f(\Delta p \cdot Q)$$

El caudal lo conocemos, ya que es el caudal que pasa por cada colector por el número de colectores, teniendo en cuenta además la densidad el líquido portador. El caudal es

$$Q = 0.4229 \text{ kg/s.}$$

Más complicado es el cálculo de la pérdida de carga, ya que tenemos que calcular la pérdida en todos los componentes por los que pasa el fluido que acciona la bomba. Tenemos que calcular la pérdida de carga en los colectores, las tuberías, el intercambiador de calor y en las conexiones que haya en las tuberías.

5.2.6.1 Cálculo de las pérdidas de carga.

- Colectores:

El fabricante del colector nos da una gráfica con la pérdida de carga del colector en función del caudal.

$$\Delta P = 0,0056 * Q(l/h) + 2,727 * 10^{-5} * Q^2(l/h)$$

PÉRDIDA DE CARGA

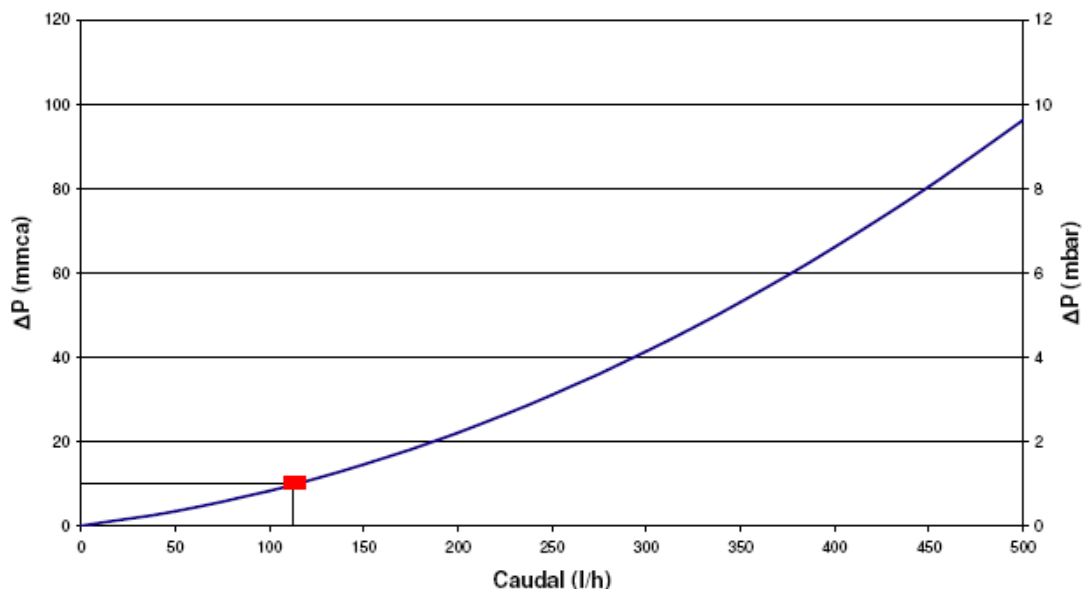


Gráfico 5.1 Gráfica de caída de presión en el colector en función del caudal. (Fuente: Isofotón).

Para la instalación, donde estará instalados 6 colectores solares, tendremos pues un caudal de 660l/h ó lo que es lo mismo 1,8333 m³/s y una pérdida de carga de 15,57 mmca por cada colector. Como disponemos de 6 colectores pues la pérdida de carga total será:

$$\Delta P = 93,42 \text{ mmca}$$

- Tuberías:

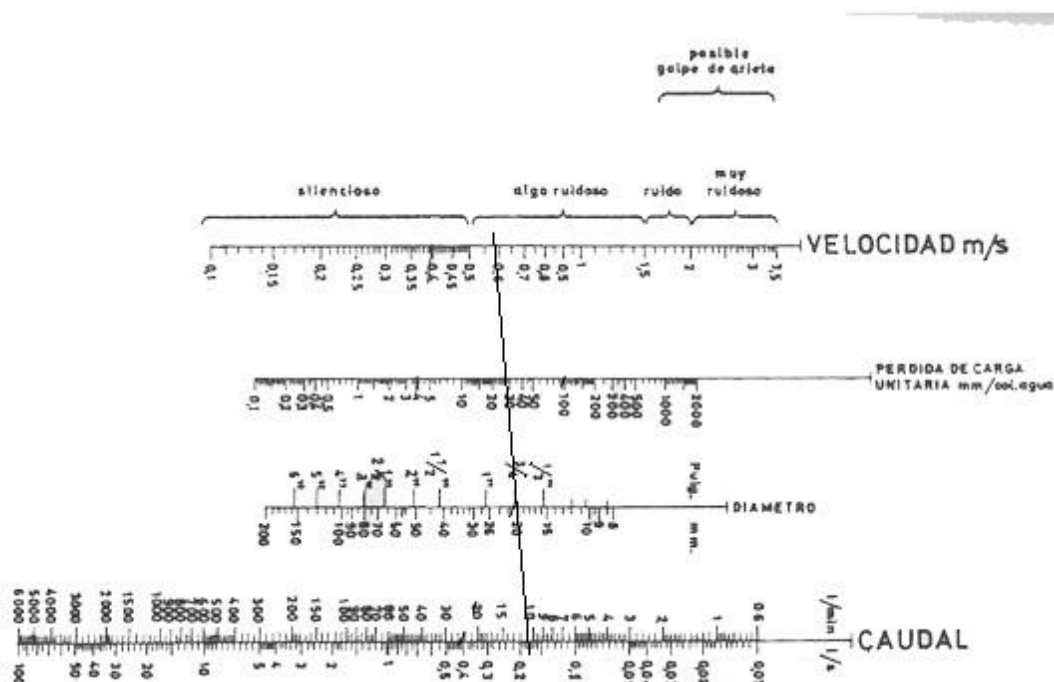
Para calcular las pérdidas de carga en las tuberías necesitaremos calcular la velocidad del fluido en las tuberías para ello tendremos dos métodos de cálculo, gráficamente mediante una grafica de abaco para tuberías de cobre, o mediante la siguiente formula:

$$D_{opt} = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{u \cdot \pi}}; u = 0,58 \text{ m/s}$$

MEMORIA

Conociendo el caudal y el diámetro de la tubería, 20mm

Por el método gráfico, sabemos que la tubería es de cobre, el caudal 0,1833 l/s y el diámetro interior es de 20 mm entonces la pérdida de carga la podemos hallar mediante la siguiente gráfica:



Gráfica 5.2: Gráfica de ábaco para el cálculo de tuberías de cobre (fuente: "Tecnología solar")

Con el resultado de la gráfica y sabiendo que tenemos 30 metros de tubería ya podemos calcular la pérdida de carga.

$$\Delta P_{\text{tub}} = \frac{29 \text{ mm ca}}{\text{m}} * 30 \text{ m} = 870 \text{ mm ca}$$

Observamos como la velocidad es exactamente la misma que la que hemos calculado mediante la fórmula, y nos da una instalación ligeramente ruidosa pero que entra dentro de lo aceptable.

- Pérdidas localizadas:

Las pérdidas localizadas por lo general suelen ser menores a la pérdida en la tubería, a excepción de casos como una válvula parcialmente cerrada y giros bruscos. Como una buena aproximación, como no sabemos a priori la cantidad de válvulas ni los codos que van existir, para sobredimensionar la bomba, es suponer una pérdida de carga del 70% del que sufre la tubería.

$$\Delta_{\text{pérdidas localizadas}} = 609 \text{ mm ca}$$

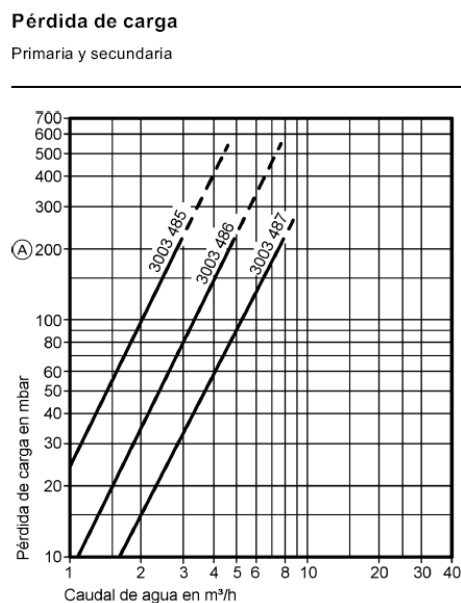
Si se quieren calcular rigurosamente se han de calcular mediante la fórmula de Longitud de tubería equivalente: $L_{eq} = 45 \cdot D \cdot K$; siendo K un factor definido por la siguiente tabla:

TABLA DE PERDIDA DE CARGA EN ACCESORIOS (longitud equivalente en metros)				
Diametro	Válv. Retención	Codos 90°	T	Válv. Esfera
12	1,200	0,370	0,530	0,150
15	1,500	0,420	0,600	0,180
18	1,800	0,480	0,670	0,210
22	2,400	0,610	0,900	0,270
28	3,600	0,790	1,100	0,300
35	4,200	1,000	1,520	0,460
42	4,800	1,200	1,750	0,540
54	6,100	1,500	2,200	0,700
63	7,600	1,800	2,650	0,850
80	9,100	2,300	3,350	0,980
100	10,700	2,700	3,900	1,200

Tabla 5.3: Pérdida de carga en accesorios Fuente: Ibersolar

- Pérdida de carga en el intercambiador de calor:

Viene determinada por el fabricante mediante la siguiente gráfica:



Gráfica 5.3: Gráfica de pérdida de carga en el intercambiador de calor. (Fuente: Viessmann).

Como nuestro intercambiador es el 3003 485, nuestro caudal es 0,66 m³/h entonces la pérdida de carga es de 25 mbar. Por lo tanto:

$$\Delta_{\text{intercambiador}} = 250 \text{ mm ca}$$



MEMORIA

- Pérdida de carga total:

Sumando las pérdidas de los distintos elementos obtenemos la pérdida de carga total:

$$\Delta P_T = 1822,42 \text{ mm ca} \cdot 9,8 \frac{\text{Pa}}{\text{mm ca}} = 17859 \text{ Pa}$$

- Otra forma de calcular la pérdida de carga en las tuberías es mediante los diagramas de Moody. Para ello necesitaremos el cálculo del factor, f.

Para meternos en el diagrama de Moody necesitaremos saber dos cosas:

$$\text{Reynolds: } Re = \frac{u \cdot D}{\nu} = 6444,44$$

$$\text{Rugosidad relativa: } \frac{\epsilon}{D} = 7,5 \times 10^{-5}$$

Así averiguamos $f=0,02$

Por último, en la fórmula aparece la longitud total de la tubería del primario. Como antes estimamos una Longitud equivalente del 70% de la que se tiene, que serán 20 m, así pues se tendrá una longitud total de tubería de 50 m.

$$\text{Resolviendo la fórmula: } \Delta P = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho \cdot Q^2}{A^5} = 17410,64 \text{ Pa}$$

- Por último se debe tener en cuenta la diferencia de altura que habrá entre la parte más alta de los colectores solares instalados en la cubierta de la vivienda y el intercambiador de calor
 $\Delta H = 6 \text{ mca}$

Sumamos todas las pérdidas de carga y nos sale

$$\Delta P_T = 1822,42 \text{ mm ca} + 6000 \text{ mm ca} = 7822,42 \text{ mm ca} = 76659,71 \text{ Pa}$$

Calculo de la potencia de la bomba.

Con estos valores ya podemos calcular la pérdida de carga con la siguiente fórmula:

$$W_{\text{bomba}} = \frac{m_{\text{fluido}} \cdot \Delta p}{\rho_{\text{fluido}} \cdot \eta}$$

Teniendo en cuenta que el rendimiento de las bombas para ACS suele ser muy bajo, tomamos aproximadamente un 30%, la pérdida de carga obtenida es la siguiente:

$$W_{\text{bomba}} = \frac{0,1874 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot 76659,71 \text{ Pa}}{1022,5 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,3} = 46,83 \text{ W}$$

La bomba elegida es de la marca **WILO, Star- ST 15/7** capaz de dar 60 W de potencia.



Bomba de circulación en línea (Fuente: WILO).

5.2.7 Vaso de expansión del primario.

Debido a los diferentes métodos que existen para el cálculo de las dimensiones del vaso de expansión, y ya que la sobredimensionalización de éste es muy importante desde el punto de vista de la seguridad, voy a tomar un volumen del vaso correspondiente al 80% del volumen de fluido de la instalación.

$$V_{inst} = V_{tubos} + V_{colectores} + V_{intercambiador}$$

$$V_{tubos} = 30m \cdot \pi \cdot 1 \cdot 10^{-4} m^2 = 9,424 \text{ litros}$$

$$V_{colectores} = 1,5l \cdot 6 = 9 \text{ litros}$$

$$V_{intercambiador} = 0,27 \text{ litros}$$

Por lo tanto, el volumen del vaso de expansión será de cómo mínimo:

$$V_{total} = 0,8 \cdot 18,69 \text{ litros} = 14,95 \text{ litros}$$

Por ultimo tendremos que tener en cuenta la acción de la expansión del fluido caloportador, esta viene definida por el fabricante mediante unas formulas y obtenemos

$$V_{fluido} = 4,5 \text{ litros}$$

Así pues debemos coger un vaso de expansión de al menos 20 litros de capacidad

Aunque se recomienda utilizar un sobre dimensionar el vaso de expansión en un 20% por seguridad:

Elegimos un vaso de expansión de la **marca Ibersolar de 24 l** para aumentar el grado de seguridad.



Vaso de expansión. (Fuente: Ibersolar).

5.3 Circuito secundario.

5.3.1 Tanque de almacenamiento solar.

Según el CTE el sistema solar se debe concebir en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser ésta simultánea con la generación.

El dimensionado del acumulador solar tendrá un volumen óptimo de 70l/m^2 de colector, aunque este se puede variar para adecuar el consumo, para ello hay que tener en cuenta el tiempo en que se produce la demanda. Si el desfase entre la captación y el consumo no supera las 24h como es el caso para calefacción, se usará un volumen de acumulación de entre $60\text{-}90\text{l/m}^2$. En nuestro caso elegiremos este último valor, tendremos entonces un volumen de almacenamiento solar de 793,8 litros, por tener 4 colectores de $2,205\text{ m}^2$ de captación dedicados a la calefacción solar.

Elegiremos un tanque de la **marca Ibersolar, modelo Vitroflex de 800 l**, que cumple con las demandas necesarias.



Tanque de almacenamiento solar. (Fuente: Ibersolar).

5.3.2 Bomba de circulación del circuito secundario.

Los cálculos a realizar son similares a los realizados para el cálculo de la bomba del circuito primario. En este caso las pérdidas de carga se producen en tuberías, intercambiador y tanque de acumulación. Para el cálculo de la potencia en la bomba necesitamos conocer la pérdida de carga y el caudal, ya que es función de estas variables:

$$W = f(\Delta p \cdot Q)$$

El caudal lo conocemos, ya que es el mismo que pasa por el circuito primario, teniendo en cuenta la densidad $Q = 0.1874 \text{ kg/s}$.

5.3.2.1 Cálculo de las pérdidas de carga.

- Pérdidas en las tuberías:

El cálculo es el mismo que en el circuito primario, ya que se tiene el mismo caudal volumétrico y el mismo diámetro interno de las tuberías, solo cambia la longitud de las tuberías que es de aproximadamente 2 metros, por lo tanto:

$$\Delta P_{\text{tub}} = \frac{29 \text{ mmca}}{\text{m}} * 2 \text{ m} = 58 \text{ mmca}$$



MEMORIA

- Pérdidas localizadas:

Las pérdidas localizadas por lo general suelen ser menores a la pérdida en la tubería, a excepción de casos como una válvula parcialmente cerrada y giros bruscos. Como aproximación, y para sobredimensionar la bomba, ya que con el tiempo aumenta la rugosidad, vamos a suponer una pérdida de carga del 70% del que sufre la tubería. Además hemos podido comprobar anteriormente como esta aproximación es buena aproximación.

$$\Delta p_{\text{pérdidas localizadas}} = 40,6 \text{ mm ca}$$

- Pérdida de carga en el intercambiador:

El cálculo es el mismo ya que el caudal volumétrico es casi el mismo en los circuitos, luego:

$$\Delta p_{\text{intercambiador}} = 250 \text{ mm ca}$$

- Pérdida de carga en el tanque de almacenamiento:

Vamos a suponer en el tanque de almacenamiento una pérdida de carga de un 30% ya que desconocemos su valor.

$$\Delta p_{\text{tanque}} = 149,4 \text{ mm ca}$$

- Pérdida de carga total:

Sumando las pérdidas de los distintos elementos obtenemos la pérdida de carga total:

$$\Delta P_T = 498 \text{ mm ca} \cdot 9,8 \frac{\text{Pa}}{\text{mm ca}} = 4880,4 \text{ Pa}$$

- Esta vez no hay diferencias de alturas en el circuito secundario

5.3.2.2 Cálculo de la potencia de la bomba.

Con estos valores ya podemos calcular la pérdida de carga con la siguiente fórmula:

$$W_{\text{bomba}} = \frac{m_{\text{fluido}} \cdot \Delta p}{\rho_{\text{fluido}} \cdot \eta}$$

Teniendo en cuenta que el rendimiento de las bombas para ACS suele ser muy bajo, tomamos aproximadamente un 30%, la pérdida de carga obtenida es la siguiente:

$$W_{bomba} = \frac{0,1874 \frac{kg}{s} \cdot 4880,4 Pa}{1000 kg/m^3 \cdot 0,3} = 3,01 W$$

La bomba elegida es de la **marca WILO, modelo STAR ST 25/4**, que alcanza potencias de hasta 17 W.



Bomba de circulación. (Fuente: WILO).

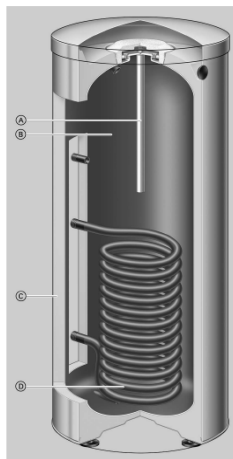
5.3.3 Vaso de expansión en el circuito secundario.

No es necesario, ya que disponemos de un tanque ligeramente sobredimensionado, por lo que las expansiones producidas serán absorbidas por el tanque acumulador.

5.4 Circuito terciario:

5.4.1 Intercambiador de calor para el circuito de ACS.

El intercambiador de calor para el circuito de ACS será el interno del Interacumulador de ACS y será de serpentín simple.



Acumulador ACS (fuente: Viessmann)

Tiene una superficie de intercambio de 1m^2 que cumple el $1/4$ de superficie colectora.

5.4.2 Tanque de almacenamiento para ACS.

Para el cálculo de las dimensiones de este tanque tenemos que tener en cuenta el caudal máximo y el período de punta para que el volumen escogido pueda cumplir con la demanda de ACS necesaria. Para poder calcular el volumen necesitamos calcular los siguientes parámetros:

Para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < \frac{V}{A} < 80$$

Siendo:

- A la suma de las áreas de los captadores [m^2];
- V el volumen del depósito de acumulación solar [litros].

Nota: Esta condición se da para instalaciones de ACS tal y como se contemplan en el PCT.

Se aconseja que el volumen de acumulación para ACS sea la carga de consumo, y teniendo en cuenta que es una instalación donde se da coincidencia entre captación y consumo se recomiendan entonces valores por m^2 de captadores comprendido entre los $35\text{-}50\text{l/m}^2$.

En nuestro caso tendremos una carga de consumo de 180 litro diarios, y escogemos un depósito ligeramente mayor 200 l que cumplirá con la coincidencia de consumo teniendo un valor de 45l/m^2

Para ese volumen, utilizaremos un tanque de la **marca Viessmann, modelo Vitocell 100 con una capacidad de acumulación de 200 l.**



VITOCCELL 100-V Modelo CVA

Interacumulador de A.C.S. vertical
de acero con esmaltado de dos capas Ceraprotect.

Tanque de almacenamiento para ACS. (Fuente: Viessmann).

5.4.3 Caldera auxiliar.

La caldera auxiliar será la de partida de la instalación convencional ya que se está a condicionando una vivienda y no haciendo una instalación nueva. La caldera en cuestión es una Junkers

La situación más desfavorable, hablando solo de ACS, se produce en los meses de enero y diciembre, ya que el agua de la red está a la misma temperatura, luego tendremos que ver cuál es la contribución conjunta que necesita la caldera para abordar el suelo radiante y el ACS.

Utilizaremos una caldera de la marca **JUNKERS CTL 35 S**, que nos da potencias de hasta 35 KW.

MEMORIA



Caldera auxiliar. (Fuente: ACV).

5.4.4 Suelo radiante.

El suelo radiante es de la **marca BARBI**. Los componentes necesarios para el funcionamiento del suelo radiante vienen suministrados por la empresa que hace el montaje



Suelo radiante. (Fuente: Industrial BLANSOL).

MEMORIA

5.4.5 Sistemas de regulación y de control.

También tendremos que disponer de estos sistemas para el control de la instalación. Usaremos sistemas de regulación, y control de la **marca Sumiserán S.L, modelo RD MU/7**.



Sistema de regulación y control. (Fuente: Sumiserán).

5.4.6 Bombas en el circuito terciario.

Para las bombas en el circuito terciario, las destinadas exclusivamente al ACS, aunque el fluido tiene un recorrido similar, el caudal es mayor, por lo que cogeremos una bomba algo más grande para obtener la potencia necesaria.

El estudio de la potencia de la bomba tiene que abarcar dos aspectos señalados a continuación:

Calculo del sistema de distribución de la vivienda

Esto se podrá observar en los planos de fontanería los tenemos en el Anexo VI:

Las tuberías de la distribución de ACS son de cobre de un diámetro de 110mm , y una longitud de 15metros.

Calculo de caudal de la demanda de ACS:

Al ser la demanda variable, se ha de averiguar el caudal máximo al que puede estar sometida la instalación:

En la siguiente tabla tenemos un resumen de la instalación que tenemos en la vivienda:



MEMORIA

elemento	Vi (l/s)	Numero de elementos	Total
Lavabo	0,1	3	0,3
Bide	0,1	1	0,1
Bañera	0,3	1	0,3
Ducha	0,2	3	0,6
Fregadero	0,2	1	0,2
Lavadora	0,2	1	0,2
Lavavajillas	0,2	1	0,2

Tabla 5.4: Caudal máximo de demanda

Así pues tenemos representado el caudal máximo de la demanda, por la siguiente ecuación, que es la suma de todos los caudales por un factor de simultaneidad, k .

$$V_p = k \cdot \sum V_i \quad \text{Siendo } k; \quad k = \frac{1}{\sqrt{N-1}}$$

N , será en cambio el número de puntos de consumo total.

Finalmente tenemos un valor de $k = 0,31$, y por consiguiente, $V_p = 0,58 \text{ l/s}$

Con estos datos se pueden calcular las pérdidas de carga en las tuberías, mediante esta fórmula:

$$\Delta P = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\rho \cdot Q^2}{A^2}$$

Y haciendo uso de los diagramas de moody: $f=0,018$

Los datos son los siguientes:

$L=15$ metros

$D=16\text{mm}$

$\rho_{\text{agua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

$Q=0,58 \text{ l/s}$

Así pues la pérdida de carga es $\Delta P=28,24 \text{ kPa}$; $\Delta H = 2,88 \text{ m c.a.}$

A este valor debemos sumarle un 70% como venimos señalando para los demás circuitos hidráulico, por pérdidas en codos y demás accesorios.

Así pues tenemos , $\Delta P_{acc}=19,76 \text{ kPa}$; $\Delta H_{acc}=2,016 \text{ m c.a}$

Por último le sumaremos la diferencia de altura entre la bomba y el punto más alto de suministro de ACS: $\Delta H=4 \text{ m c.a}$

Así pues tenemos una pérdida total de carga de: $\Delta H=8890 \text{ mm c.a} = 87122 \text{ Pa}$

Por último de forma análoga a otros apartados, el cálculo de la bomba se hace con esta expresión:

$$W_{bomba} = \frac{m_{fluido} \cdot \Delta p}{\rho_{fluido} \cdot \eta}$$

$$W_{bomba} = 168,43 \text{ W}$$

La bomba elegida es de la marca **WILO**, modelo **TOP-S 30/10 PN 10** capaz de dar 180 W de potencia.



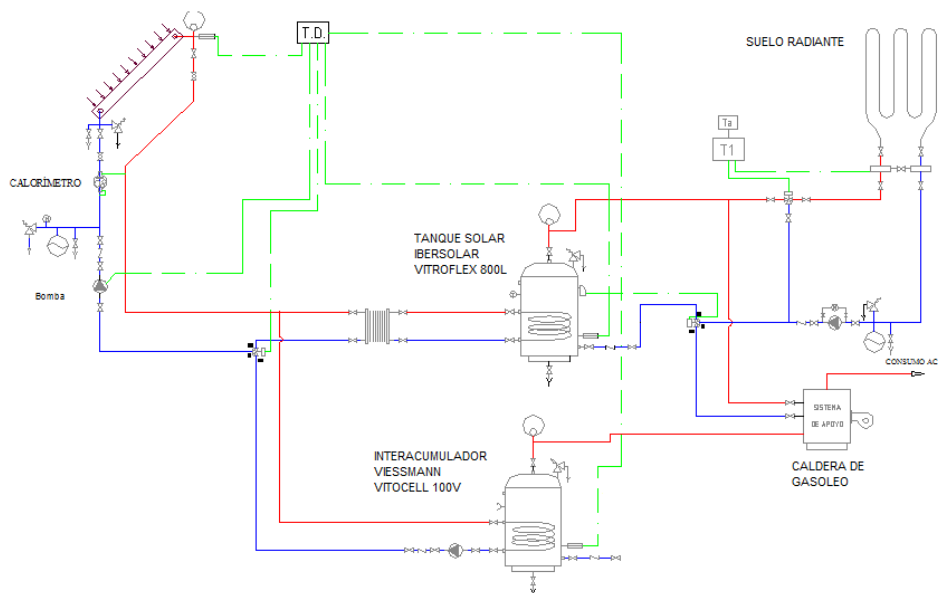
Ilustración 7.6. Bomba de circulación. (Fuente: WILO).

MEMORIA

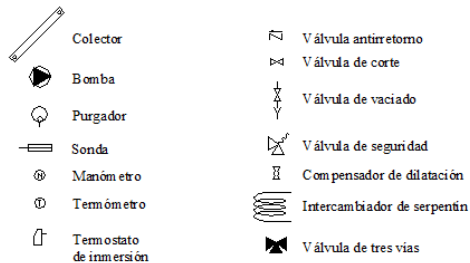
5.5 Plano de la Instalación


Una vez diseñada la instalación y calculado todos sus componentes es interesante ver cómo queda la instalación distribuida y distinguir mejor los circuitos

El plano está elaborado en AUTOCAD:



LEYENDA



		PROYECTO DE EJECUCIÓN DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TERMICA PARA ACS Y CALEFACCION POR SR			
TÍTULO: ESQUEMA DE PRINCIPIO					
NÚMERO: 1	NOMBRE		FECHA	El Ingeniero industrial	ESCALA: S/E
	Dibujado:	Mario Pérez Basa			
	Comprobado:				



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial

Especialidad Mecánica

Mario Pérez Basa

5.6 Resumen de la Instalación:

Finalmente reuniremos todos los datos que hemos ido calculando y los reflejaremos los más importantes, que han de conocerse de una instalación de estas características:

- Primeramente la Demanda energética de la vivienda para agua caliente sanitaria y para calefacción:

	Demanda ACS (kJ)	Demanda Calefaccion (kJ)
Enero	1261626,84	32518179,89
Febrero	1118431,44	26194911,72
Marzo	1191536,46	24198553,19
Abril	1107880,2	21066886,39
Mayo	1121446,08	16851094,4
Junio	1062660,6	0
Julio	1074719,16	0
Agosto	1098082,62	0
Septiembre	1085270,4	0
Octubre	1144809,54	16323480,5
Noviembre	1153099,8	21783452,23
Diciembre	1261626,84	23893456,15
ANUAL	13.681.189,98	182.830.014,48

Tabla 5.5 Demanda de energía

- La energía solar térmica aportada con la instalación diseñada.

	Energía absorbida (kJ)	Energía útil absorbida (kJ)
Enero	1853575,351	1853575,351
Febrero	2597722,668	2597722,668
Marzo	3268956,328	3268956,328
Abril	3785903,547	3785903,547
Mayo	3852037,573	3852037,573
Junio	981119,2299	981119,2299
Julio	1114448,575	1074719,16
Agosto	1145580,125	1098082,62
Septiembre	1013599,383	1013599,383
Octubre	3347989,183	3347989,183
Noviembre	2265743,772	2265743,772
Diciembre	1741000,094	1741000,094
ANUAL	26.967.675,83	26.880.448,91

Tabla 5.6 Aporte de energía



MEMORIA

- Fracción solar media, para los procesos de ACS y calefacción:

Cobertura (6colectores)	f-ACS	f calefaccion	f ACS+Calefaccion	f util
Enero	0,41	0,04	0,05	0,05
Febrero	0,62	0,07	0,10	0,10
Marzo	0,71	0,10	0,13	0,13
Abril	0,84	0,14	0,17	0,17
Mayo	0,85	0,17	0,21	0,21
Junio	0,92	0	0,92	0,92
Julio	1,00	0	1,04	1,00
Agosto	1,00	0	1,04	1,00
Septiembre	0,93	0	0,93	0,93
Octubre	0,75	0,15	0,19	0,19
Noviembre	0,53	0,08	0,10	0,10
Diciembre	0,38	0,05	0,07	0,07
ANUAL	73,5%	9,2%	13,7%	13,7%

Tabla 5.7 Fracción solar media

- Rendimiento medio Anual:

Cobertura (6colectores)	Radiacion (kJ /m2)	KJ absorbidos Utiles	Radiacion total (kJ)	Rendimiento
Enero	292857	1853575,351	3874498,11	47,8%
Febrero	379904	2597722,668	5026129,92	51,7%
Marzo	476408	3268956,328	6302877,84	51,9%
Abril	552720	3785903,547	7312485,6	51,8%
Mayo	563673	3852037,573	7457393,79	51,7%
Junio	585150	981119,2299	2580511,5	38,0%
Julio	701220	1074719,16	3092380,2	34,8%
Agosto	708939	1098082,62	3126420,99	35,1%
Septiembre	598260	1013599,383	2638326,6	38,4%
Octubre	491226	3347989,183	6498919,98	51,5%
Noviembre	346500	2265743,772	4584195	49,4%
Diciembre	278008	1741000,094	3678045,84	47,3%
ANUAL		26880448,91	56172185,37	47,9%

Tabla 5.8 Rendimiento medio anual

Estos datos son los más característicos de la instalación, pero quedan un poco confusos con tal numero de tablas por lo que es importante demostrar gráficamente el comportamiento de la instalación a lo largo del año

Gráfica de energía producida y demanda de la instalación a los largo de un periodo de 12 meses:

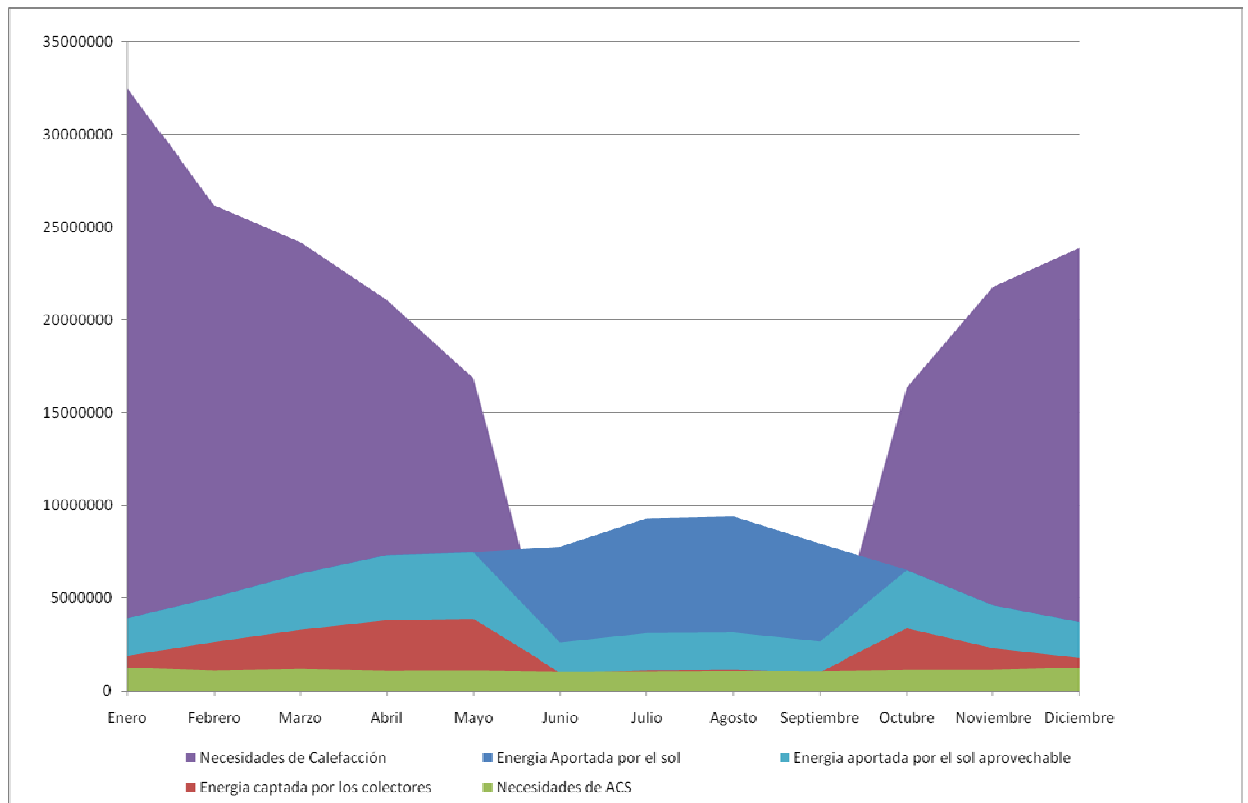


Gráfico 5.4: Aporte de energía anual por la instalación

De esta gráfica podemos observar el motivo por el cual la instalación es solo un apoyo a la calefacción, esto es debido a que por causas naturales, la radiación solar recibida en los meses de invierno será pequeña mientras que la demanda de energía en ese periodo será muy grande por lo que las necesidades de la demanda nunca se verán completamente satisfechas por muy grande que sea la instalación solar.

Cabe destacar la diferencia resaltada entre la energía aportada por el Sol y la realmente aprovechable, esto se debe a que en los meses de verano la superficie de colectores se vera disminuida a 2 colectores ya que para prevenir de sobrecalentamiento en el sistema se tapanán los captadores destinados al apoyo de calefacción, en concreto 4 de ellos.

Grafica de cobertura de ACS y calefacción:

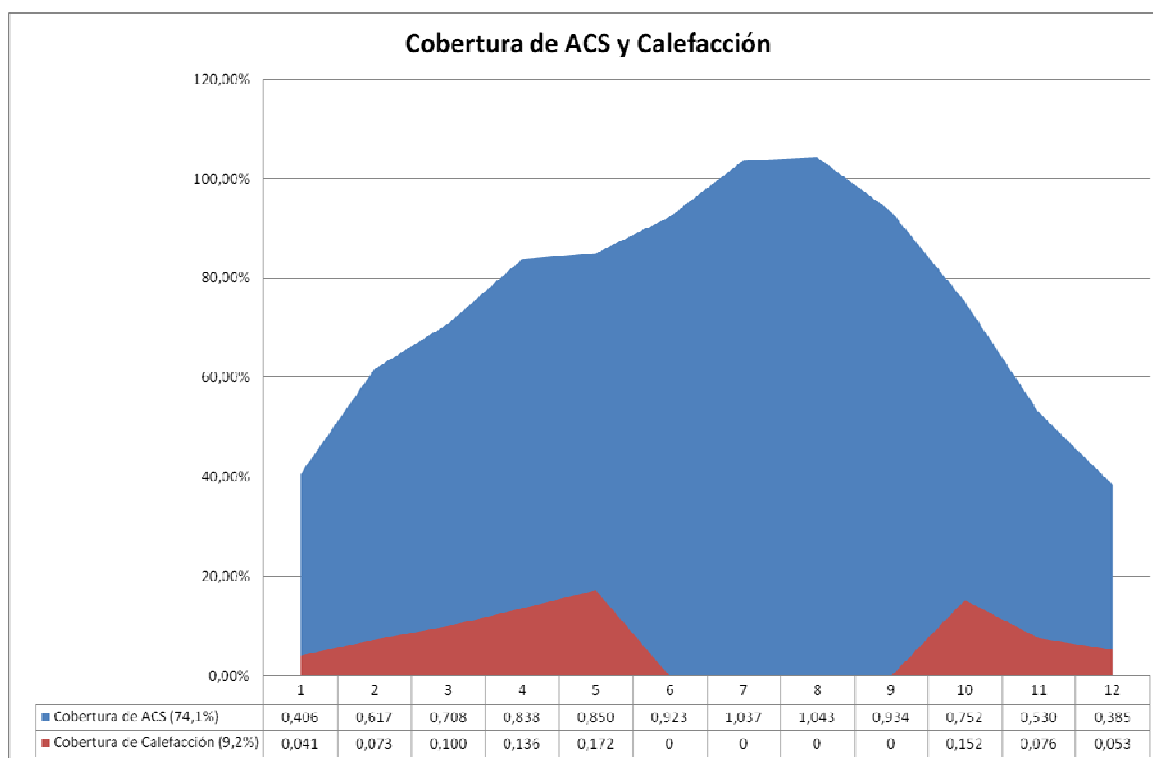


Grafico 5.5: Cobertura solar anual de la instalacion

Observamos en este grafico como existiran excesos en la produccion de ACS para los meses de Julio y Agosto, estos excesos a efectos de energia util no serán contabilizados para los ahorros de energia y de emisiones de CO₂.



CAPITULO 6: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL



6.1 Introducción.

En este apartado del proyecto vamos a dar una breve explicación de los principales contaminantes y sus consecuencias para la naturaleza y para el ser humano. Además obtendremos el ahorro de emisiones de CO₂ que conseguimos al tener una instalación solar, ya que ahorramos una alto porcentaje de gasóleo en la caldera para la producción de agua caliente sanitaria, también se ahorra una parte de gasóleo en la caldera para la calefacción que consigue parte de la energía necesaria mediante los colectores solares.

Con el uso de las energías renovables es posible reducir la emisión de contaminantes, tanto los que provocan el efecto invernadero, como los que provocan la destrucción de la capa de ozono. Además de otros que provocan otros efectos que comentaremos más adelante.

Sólo vamos a comentar las emisiones de CO₂ porque son las más importantes, las otras se producen en mucha menor medida.

Con relación a España, mantiene desde hace tres lustros un notorio crecimiento del consumo de energía y de la intensidad energética. Nuestra creciente y excesiva dependencia energética exterior, cercana al 80% en los últimos años, y la necesidad de preservar el medio ambiente y asegurar un desarrollo sostenible, obligan al fomento de fórmulas eficaces para un uso eficiente de la energía y la utilización de fuentes limpias. Por tanto, el crecimiento sustancial de las fuentes renovables, junto a una importante mejora de la eficiencia energética, responde a motivos de estrategia económica, social y medioambiental, además de ser básico para cumplir los compromisos internacionales en materia de medio ambiente, como el protocolo de Kioto y el de Montreal.

Comentaremos a continuación, el efecto más importante del CO₂, contaminante principal del que reducimos las emisiones por medio de las energías renovables. Más adelante comentaremos otros contaminantes y sus posibles efectos.

6.2 El efecto invernadero.

El efecto invernadero consiste en la absorción, por parte de gases que se encuentran en las capas bajas de la atmósfera, de la radiación infrarroja procedente de la tierra, transformándola en calor. De toda la radiación procedente del sol, el 30% es reflejado al espacio y el 70% restante calienta la materia y ésta emite por ese calentamiento radiación infrarroja, que es la que es absorbida por los gases. De esta forma se forma una capa protectora de calor que origina temperaturas templadas en la superficie terrestre, al impedir su enfriamiento. Este fenómeno es el utilizado en los invernaderos.

Las consecuencias de un aumento del efecto invernadero no se conoce con exactitud. Sin embargo existen estudios y datos que parecen indicar un consecuente aumento de la temperatura media de la atmósfera.

El principal causante del efecto invernadero es el CO₂, pero además también contribuyen a este efecto otra serie de contaminantes. A continuación mostramos la contribución relativa de cada uno de ellos a excepción del agua:



MEMORIA

Gas	Contribución
CO ₂	55%
CH ₄	15%
N ₂ O	4%
CFC _s	21%
O ₃ troposférico	2%
Otros	3%

Tabla 8.1. Contribución de contaminantes al efecto invernadero. (Fuente: apuntes de Ingeniería Ambiental).

Para combatir el gran aumento de emisiones de gases de efecto invernadero se estableció el **Protocolo de Kioto**.

6.3 El Protocolo de Kioto.

El Protocolo de Kioto, acuerdo adoptado en diciembre de 1997 en la 3ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, establece en algo más de un 5% la reducción global de las emisiones de los seis principales gases de efecto invernadero (GEI) en el período de compromiso 2008-2012 respecto a los valores de 1990. Los objetivos individuales de reducción de las emisiones de GEI por países se determinaron teniendo en cuenta la necesidad de mantener un crecimiento económico sostenible, así como la disponibilidad de tecnologías en cada uno de los Estados, de tal forma que, para la Unión Europea, el objetivo de reducción quedó establecido en el 8%, para EE.UU. en el 7% y para Japón en el 6%.

La Convención Marco sobre Cambio Climático y el Protocolo de Kioto, (el artículo 25 del mismo establece que éste entraría en vigor una vez fuera sido ratificado por, al menos, un número de países cuyas emisiones totales representaran, por lo menos, el 55% del total de las emisiones de dióxido correspondientes a 1990), han reconocido expresamente lo que se ha dado en llamar la *burbuja comunitaria*, dentro de la cual España tiene limitado el crecimiento de las emisiones de los seis gases de efecto invernadero considerados en el Protocolo en un 15% en el período de referencia 2008-2012 respecto a las emisiones de 1990. De acuerdo con las cifras del inventario de gases de efecto invernadero correspondiente a 2002, el aumento de las emisiones superaba ya a finales de ese año el 39%. Con independencia del régimen sancionador diseñado para todas las Partes firmantes del Protocolo, los Estados europeos están sometidos a la disciplina comunitaria y deben asegurar el cumplimiento de los acuerdos alcanzados en las instituciones de la Unión Europea.



6.4 Principales contaminantes.

Los principales contaminantes los podemos dividir en tres tipos, los primarios, los secundarios y los que tienen un comportamiento híbrido:

Primarios.

Son los producidos por la acción del hombre, son los siguientes:

- CO_2 : se trata de un gas esencial para la vida, pero su gran abundancia le hace tener que ser considerado como un contaminante. Es emitido de forma natural y también como producto de la combustión. Es el principal causante del efecto invernadero a excepción del vapor de agua.
- CO : es un gas incoloro e inodoro. Es muy tóxico e incluso mortal si la concentración es alta.
- Hidrocarburos inquemados (CH_4) o parcialmente quemados (RHC, RCOH).
- Partículas (hollín, cenizas).
- Óxidos de azufre: SO_x (SO_2 , SO_3).
- Óxidos de nitrógeno: NO_x (NO , NO_2), N_2O .

Secundarios.

Producidos en la atmósfera a posteriori por reacción química o fotoquímica.

- Ozono (O_3): por descomposición del NO_2 y posterior unión del oxígeno mediante un catalizador.
- Nitrato peroxiacetilico (PAN).

Comportamiento híbrido.

- NO_2 : se forma en la atmósfera a partir de NO en presencia de hidrocarburos y por la radiación solar.
- RCOH y CO : se forman también por oxidación de los hidrocarburos inquemados.

Principales efectos de los contaminantes.

- Reducen la visibilidad: provocado por las partículas y el NO_2 .
- Aumentan la niebla y la lluvia: el SO_2 forma gotas de ácido sulfúrico que sirven como punto de nucleación.
- Lluvia ácida: el SO_x y el NO_x se transforman en ácidos que se disuelven en agua fácilmente y caen en forma de lluvia que contamina lagos y terrenos.



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

- Destrucción de la clorofila: SO_2 , PAN, C_2H_4 .
- Efecto invernadero: absorben radiación infrarroja y contribuyen al calentamiento de la tierra, como comenté anteriormente producido en su mayoría por CO_2 , H_2O , CH_4 , N_2O ...
- Suciedad y corrosión:
 - Hollín y cenizas: ensucian edificios y estructuras.
 - Partículas alcalinas con azufre: corroen la pintura y los contactos eléctricos.
 - Ozono: ataca el caucho.
- Efectos sobre la salud:
 - SO_2 + partículas (SMOG de Londres): puede causar bronquitis y enfisema.
 - SMOG fotoquímico (O_3 + nitratos orgánicos): causa irritación en los ojos.
 - CO: afecta a la salud y puede resultar mortal.
- Destrucción de ozono de la estratosfera (>15 Km): la presencia de radicales (OH, NO, Cl) en la estratosfera destruye el ozono.

La emisión de muchos de estos contaminantes se pueden reducir mediante la utilización de las energías renovables, por lo que se evitarían muchos de los efectos anteriormente expuestos.

6.5 Ahorro de emisiones de CO_2 .

El ahorro de emisiones vamos a realizarlo según la aplicación, ya que la contribución de la instalación solar es diferente para ACS y calefacción.

El ahorro también dependerá del tipo de fuente de energía empleada, ya que con la electricidad se emite más cantidad de CO_2 que con el gasóleo.

Gasóleo: 0,27 kg CO_2 /kWh

Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDAE.

6.5.1 Ahorro de emisiones para ACS.

Para el cálculo de las emisiones, tenemos que obtener los kWh anuales de ACS. Para ello tenemos que ver la contribución de la demanda de ACS durante todo el año. Para ello vamos a hallar los cálculos por meses, ya que el consumo y las horas que estará la caldera funcionando varía para cada mes. El procedimiento a utilizar para hallar los kWh será el siguiente:

Demanda ACS solo con caldera: 3800kWh

Demanda ACS cubierta por la instalación solar: 2988,015 kWh



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

Por lo tanto el ahorro de CO₂ anual por el uso de las placas solares es el siguiente:

$$\text{Ahorro CO}_2 = 2988,015 \cdot 0,27 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = \underline{\underline{806,76 \text{ kg CO}_2 \text{ al año}}}$$

6.5.2 Ahorro de emisiones para calefacción.

En el uso de suelo radiante, también usaremos la caldera como en el ACS, por lo que el combustible empleado será gasóleo.

Por lo tanto, haciendo los cálculos obtengo los siguientes resultados:

Demanda calefacción solo con caldera: 50786,11 kWh

Demanda calefacción cubierta por la instalación solar: 5001,45 kWh

Por lo tanto el ahorro de CO₂ anual por el uso de las placas solares es el siguiente:

$$\text{Ahorro CO}_2 = 5001,45 \cdot 0,27 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = \underline{\underline{1350,39 \text{ kg CO}_2 \text{ al año}}}$$

6.5.3 Ahorro total de la instalación.

Por lo tanto el ahorro total de CO₂ de la instalación solar al año, teniendo en cuenta el agua caliente sanitaria, la climatización mediante la máquina de absorción y la calefacción es el siguiente:

Ahorro anual de CO₂ total de la instalación: 2157,15 kg de CO₂



CAPITULO 7: ESTUDIO ECONOMICO



7.1 Introducción

Finalmente una vez diseñada y dimensionada la instalación ya se saben sus necesidades y los elementos a utilizar, solo falta por tanto el presupuesto de la instalación. Es el siguiente:

7.2 Presupuesto

Equipo	Fabricante	Modelo	Precio (€/unidad)	Unidades	Total (€)
Colector	Isofotón	Isotherm Plus	580	6	3480
Fluido calo portador	Ibersolar	Tyfocor L	122,69	1	122,96
Estructura colectores	Isofotón	Captador v., cubierta incl.	99	6	594
Tuberías cobre	Technitub	TB – 7/8"	10,44	50	522
Aislante	L'ISOLANTE K-FLEX	DUCT NET	30,9 €/m ²	10,65 m ²	326,33
Intercambiador	Viessmann	Vitotrans 100 PTW	646,27	1	646,27
Bomba primario	WILO	WILO, Star- ST 15/7	202,12	1	202,12
Bomba secundario	WILO	Start st 25/4	173,4	1	173,4
Bomba terciario	WILO	Top –S 30/10	523,67	2	1047,34
Vaso expansión	Ibersolar	24 L	93,79	1	93,79
Tanque almacenamiento solar	Ibersolar	Vitroflex de 800 l	1582,06	1	1582,06
Tanque ACS	Viessmann	Vitocell 100: 200 l	865,01	1	865,01
Válvulas	Ibersolar	-	-	Varios modelos	400
Sistema regulación	Sumiserán S.L	RD MU/7	232	1	232
Resto	Ibersolar	-	-	-	350



MEMORIA

accesorios					
Ingeniería y montaje					800
TOTAL					11437,28

Tabla 7.1. Presupuesto para el estudio de la rentabilidad de la instalación solar.

Observamos como es un presupuesto muy ajustado al que se habia estimado con escasos 400 euros de diferencia , esto nos hace pensar que la aproximacion tomada por el libro “Energía Solar Térmica de baja temperatura” de M.Castro Gil y A.Colmenar Santos, es acertada, y nos permite asegurar también que los cálculos de elección de colector que vimos en el Capitulo 3 también son correctos.

7.3 Subvenciones

Las subvencion de la comunidad de madrid para el periodo , todavia vijente , hasta el 30 de septiembre de 2009. Serán las siguientes:

Beneficiarios:

Todo tipo de beneficiarios

Actuaciones subvencionables y cuantia de las ayudas:

B) para el caso de Actuacion de mejor de la eficiencia energetica de las instalaciones térmicas de edificios existentes: 22% , para equipos de alta eficiencia hasta 30% de los equipos instalados.

Cuantia maxima de las ayudas

200.000 euros para personas físicas

200.000 euros en tres años para empresas

300.000 para el resto de beneficiarios

Se resume en el siguiente documento: (fuente: ayuntamiento de madrid)



MEMORIA

7.4 Estudio de la inversión:

Son los datos que se exponen a continuación se llevará a cabo el estudio de la amortización de la instalación:

Numero de colectores	6
Cobertura anual	13,7%
Precio de Colectores	3481,2
Sistema de Acumulación	1168
Sistema de Suelo Radiante	2313,2
Subvención (30%) >10m2	2088,72
Montaje y gastos indirectos	4641,6
Coste de la inversión	11437,28
Desembolso inicial	9515,28
Gasto de mantenimiento	348,12

Tabla 7.2: Datos economicos del proyecto

Los ahorros por el funcionamiento de la instalación son los siguientes:

6 colectores	Ahorros (kJ)	f
Enero	1853575,351	5,5%
Febrero	2597722,668	9,5%
Marzo	3268956,328	12,9%
Abril	3785903,547	17,1%
Mayo	3852037,573	21,4%
Junio	981119,2299	92,3%
Julio	1074719,16	100,0%
Agosto	1098082,62	100,0%
Septiembre	1013599,383	93,4%
Octubre	3347989,183	19,2%
Noviembre	2265743,772	9,9%
Diciembre	1741000,094	6,9%
ANUAL [KJ]	26880448,91	13,7%
ANUAL [Kwh]	7466,791363	
Rendimiento de caldera 0,93	7989,466759	
gasoleoC=0,0675E	539,2890062	
Ahorro por emisiones de CO2 (0,27kgCO2/kWh)	2016,033668	
Ahorro en euros por emisiones	30,24050502	

Tabla 7.2: Datos de ahorros

Estos serán de dos tipos, los referentes a la cantidad de ahorrada de consumo de gasóleo por el aporte de la instalación, y segundo, aquellos ahorros por las emisiones de CO₂, que según el mercado internacional de emisiones de CO₂ se compra a 15euros/tonelada de CO₂.

Con estos datos ya podemos elaborar la grafica de análisis de la viabilidad de la inversión mediante el estudio de la evolución del VAN, y la TIR a lo largo de la vida de la instalación.

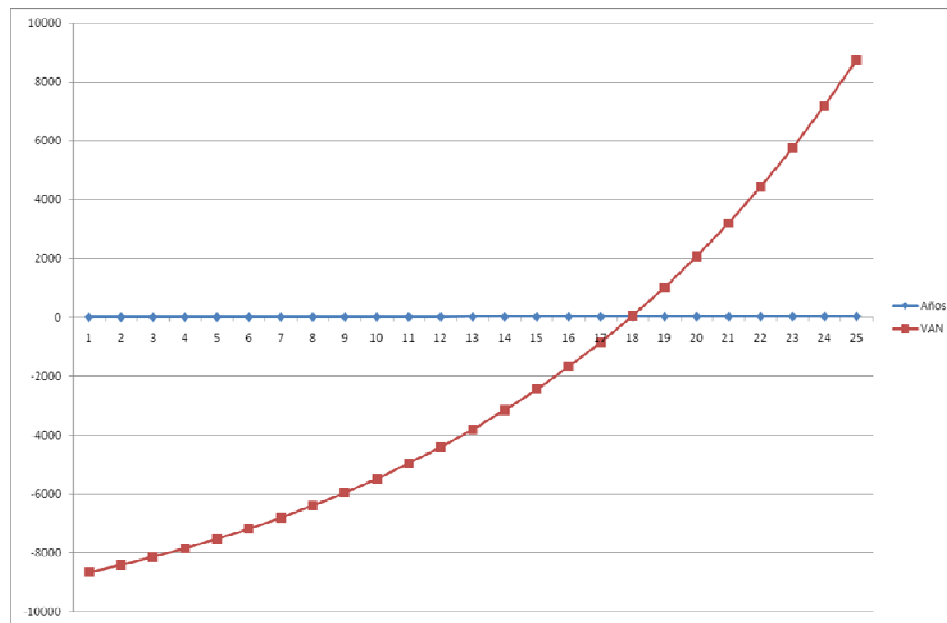


Gráfico 7.1: Estudio del VAN (Valor Actual Neto)

Finalmente para una instalación compuesta por 6 colectores Isotherm Plus, se consigue una amortización total de la instalación antes de que termine su vida útil, lo que la convierte en viable económicamente, además de reportar unos beneficios de 8742,92 euros al cabo de 25 de funcionamiento.



CAPITULO 8: CONCLUSIONES



CONCLUSIONES:

Al término de este estudio hemos conseguido modelizar una instalación solar térmica que nos aportará una cobertura anual de 73,5% del agua caliente sanitaria necesaria y un 9,2% anual en el apoyo a la calefacción, con máximos de hasta casi el 20% en Mayo.

Gracias a esto, se ha logrado dejar de emitir a la atmosfera cerca de 2157,15 kg de CO₂ al año, con el consiguiente ahorro de combustible que asciende a 539,28 euros de gasóleo C anual.

Todo esto lo hemos conseguido sometiendo a estudio distintos tipos de colectores y habiendo elegido apropiadamente el colector. Cabe decir, que este cálculo aunque laborioso, es esencial para entender el funcionamiento y las limitaciones que tiene la instalación. Pero es cierto también que en este negocio de las energías renovables, hoy en día, no es habitual encontrar un estudio de estas características en el mercado, además de que no es viable, y que la mayoría de las veces el instalador no quiere complicaciones. De ahí se derivan un montón de problemas y de instalaciones mal dimensionadas, con colectores de vacío para instalaciones únicamente de producción de agua caliente sanitaria, donde el cliente ni notará una mejoría en la instalación por tener unos colectores de altísimo rendimiento, ni verá su inversión amortizada en toda la vida de la instalación. O aún situaciones más graves, instalaciones mal diseñadas donde el apoyo de la energía convencional va directamente en el circuito primario, de ahí que la instalación solar pierda su razón de ser y no se consiga ahorrar ni un euro.

Pero pasando al tema monetario, cabe destacar que el desembolso de esta instalación asciende a 9515,28 euros, que se consigue amortizar en 18 años gracias a las subvenciones que aporta la Comunidad de Madrid a estas instalaciones y sin las cuales, desgraciadamente no serían viables ya que nunca se recuperaría la inversión realizada para el tiempo de operación.

De aquí se desprende un razonamiento por el que personalmente siento preocupación, ya que nuestro país ha estado viviendo estos años de un “boom” espectacular entorno a la instalación de energías renovables y muy en especial la que aquí se trata, la energía solar térmica, llegando incluso a superar a Alemania en cantidad instalada en un año. Esto ha sido posible gracias a las ayudas que ofrece el Estado y las comunidades, pero año tras año estas subvenciones se van recortando, y con ello empeorando las perspectivas de inversión hacia este sector. Triste es que el ahorro energético y la salud del planeta tenga que depender si la tal inversión es viable o tal otra no lo es. Pero es así, y mientras sigan las subvenciones y las instalaciones sean viables de acometer se seguirán haciendo pero el problema principal subyace en otro lugar. Es el precio de los elementos que forman estas instalaciones venidas a llamarse de ahorro pero que la mayoría de las veces es mas de gasto, el verdadero problema, ya que la mayoría de las veces se antojan prohibitivos por ejemplo si analizamos un colector plano de buen rendimiento de Viessmann, es fácil que se pague 500 euros por metro cuadrado de absorción, Así pues mientras sigan los fabricantes de colectores, acumuladores, etc... fabricando así de caro, el problema persistirá, porque llegará un momento en que las ayudas se acaben.



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

BIBLIOGRAFIA:

Pliego de Condiciones Técnicas de instalaciones de baja temperatura (PCT)

Reglamento de instalaciones térmicas de los edificios del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (RITE-IDAE)

Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HE, de ahorro de energía. (CTE, DB-HE)

“Tecnología solar”: M.Ibañez, J.R Rosell Polo

“Sistemas Solares Térmicos: Diseño e Instalación” Felix A.PEUSER, Karl-Heinz Remmers

“Curso de experto profesional en energía solar térmica” UNED.

“Manual de climatización: TOMO II” José Manuel Pinazo Ojer.

Paginas web:

www.isoфoton.com

www.viessmann.es

www.ibersolar.com

www.mar-bel.com/promasol/web/index.htm

www.wilo.com

www.repsol.es

www.aemet.es/es/nuevaweb

www.censolar.es



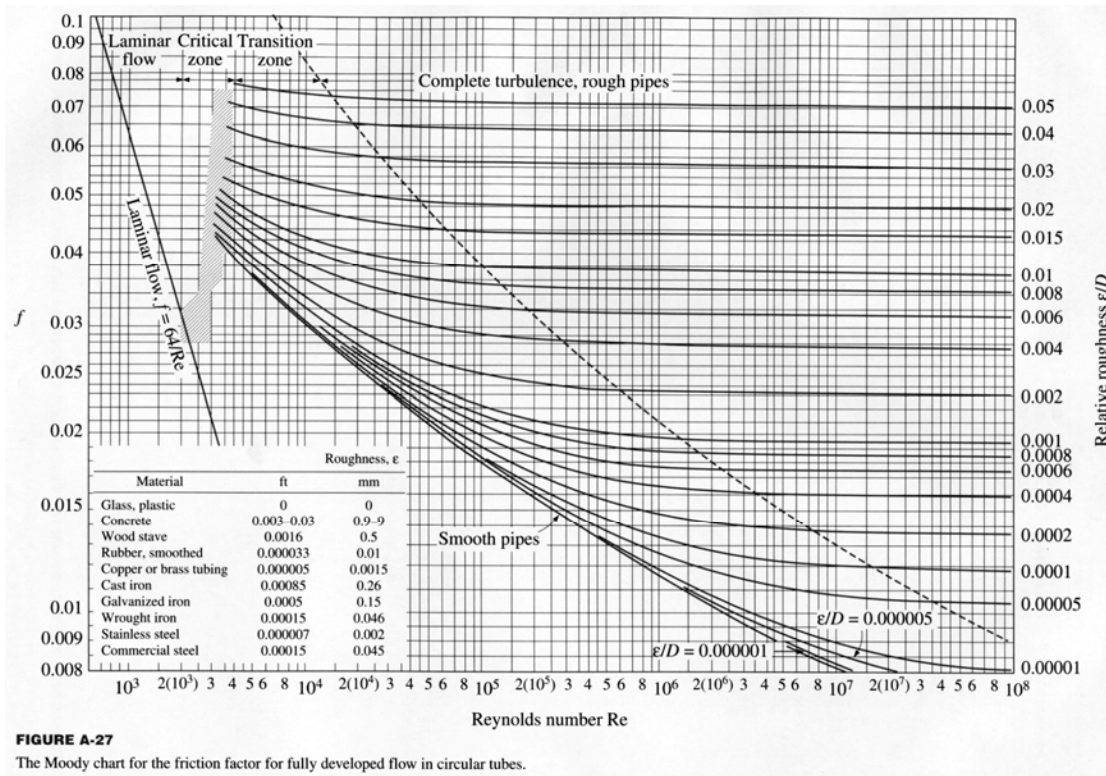
MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

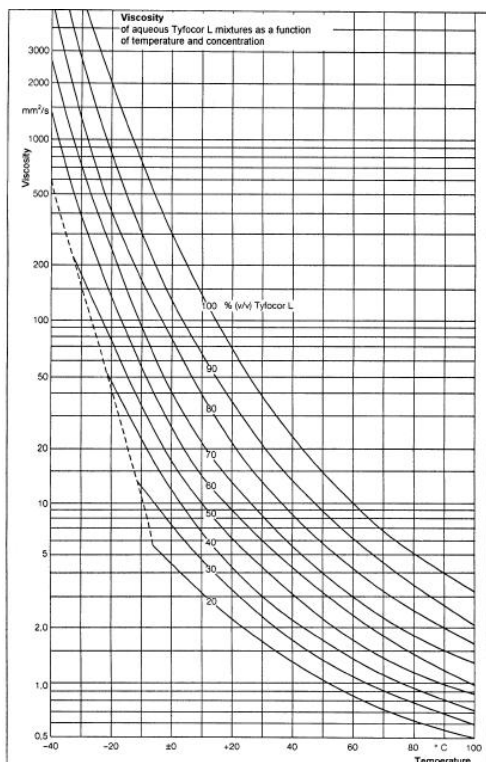
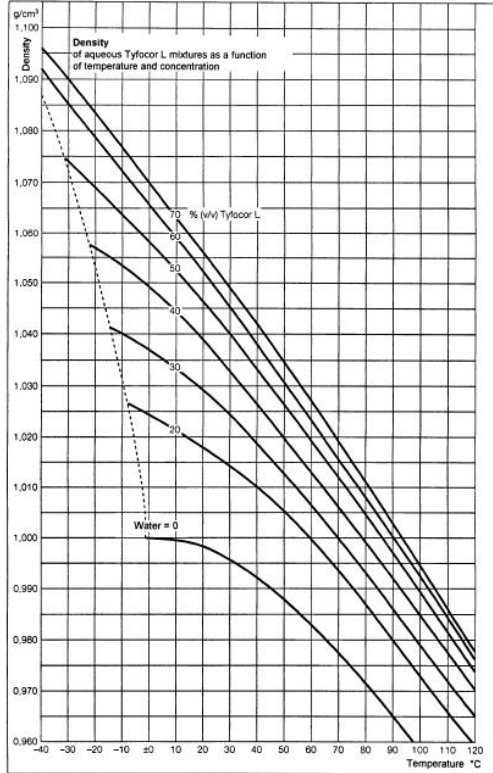
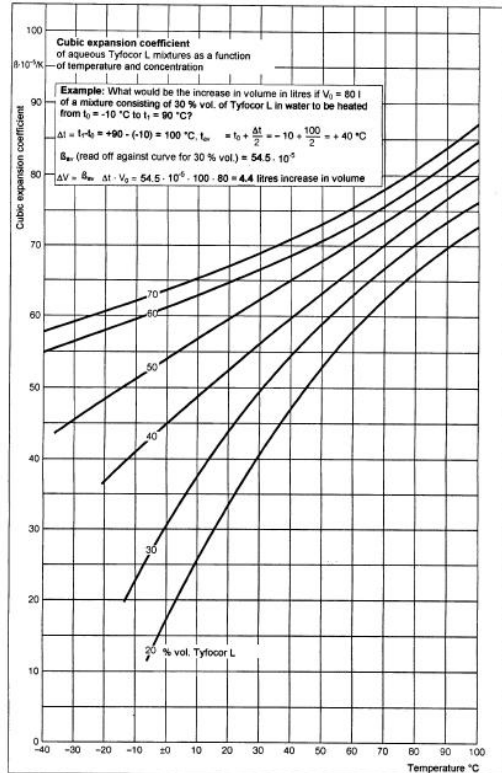
ANEXOS:

ANEXO I : Diagramas

Diagrama de Moody:



Tablas del fluido calo portador:





MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial

Especialidad Mecánica

Mario Pérez Basa



MEMORIA

ANEXO II: Cálculo de Cargas Térmicas para Invierno:

Cerramiento							Cerramiento							Cerramiento									
	Area [m2]	U[W/m2°C]	Tseq-Tsi [°C]	Q [W]	Factor orientación	QT [W]		Area [m2]	U[W/m2°C]	Tseq-Tsi [°C]	Q [W]	Factor orientación	QT [W]		Area [m2]	U[W/m2°C]	Tseq-Tsi [°C]	Q [W]	Factor orientación	QT [W]			
Planta Alta	Muro Norte	21,82	0,52	-24,4	-276,85216	1,025	-283,773464	Muro Norte	21,82	0,52	-19,5	-221,2548	1,025	-226,78617	Muro Norte	21,82	0,52	-17,8	-201,96592	1,025	-207,015068		
	Muro Sur	19,7	0,52	-24,4	-249,9536	0,975	-243,70476	Muro Sur	19,7	0,52	-19,5	-199,758	0,975	-194,76405	Muro Sur	19,7	0,52	-17,8	-182,3432	0,975	-177,78462		
	Muro Este	10,35	0,52	-24,4	-131,3208	1,025	-134,60382	Muro Este	10,35	0,52	-19,5	-104,949	1,025	-107,572725	Muro Este	10,35	0,52	-17,8	-95,7996	1,025	-98,19459		
	Muro Oeste	11,238	0,52	-24,4	-142,587744	0,975	-139,02305	Muro Oeste	11,238	0,52	-19,5	-113,95332	0,975	-111,104487	Muro Oeste	11,238	0,52	-17,8	-104,018928	0,975	-101,418455		
Planta Baja	Muro Norte	25,737	0,478	-24,4	-300,175778	1,025	-307,680173	Muro Norte	25,737	0,478	-19,5	-239,894577	1,025	-245,891941	Muro Norte	25,737	0,478	-17,8	-218,980691	1,025	-224,455208		
	Muro Sur	32,56	0,478	-24,4	-379,753792	0,975	-370,259947	Muro Sur	32,56	0,478	-19,5	-303,49176	0,975	-295,904466	Muro Sur	32,56	0,478	-17,8	-277,033504	0,975	-270,107666		
	Muro Este	31,73	0,478	-24,4	-370,073336	1,025	-379,325169	Muro Este	31,73	0,478	-19,5	-295,75533	1,025	-303,149213	Muro Este	31,73	0,478	-17,8	-269,971532	1,025	-276,72082		
	Muro Oeste	24,9162	0,478	-24,4	-290,602624	0,975	-283,337558	Muro Oeste	24,9162	0,478	-19,5	-232,2439	0,975	-226,437803	Muro Oeste	24,9162	0,478	-17,8	-211,996996	0,975	-206,697071		
	Techos	Total	157,2	0,553	-24,4	-2121,13104	1	-2121,13104	Techos	Total	157,2	0,553	-19,5	-1695,1662	1	-1695,1662	Techos	Total	157,2	0,553	-17,8	-1547,38248	1
Solera	Total	104,1	1,07	-9,85	-1097,16195	1	-1097,16195	Solera	Total	104,1	1,07	-9,75	-1086,02325	1	-1086,02325	Solera	Total	104,1	1,07	-8,9	-991,3443	1	-991,3443
Ventanas							Ventanas							Ventanas									
Climalit	21,059	2,03	-24,4	-1043,09439	1	-1043,09439	Climalit	21,059	2,03	-19,5	-833,620515	1	-833,620515	Climalit	21,059	2,03	-17,8	-760,945906	1	-760,945906			
Primalit	15,4848	2,19	-24,4	-827,445773	1	-827,445773	Primalit	15,4848	2,19	-19,5	-661,278384	1	-661,278384	Primalit	15,4848	2,19	-17,8	-603,628474	1	-603,628474			
Puertas	Total	3,92	1,97	-24,4	-188,42656	1	-188,42656	Puertas	Total	1,91	1,97	-19,5	-73,37265	1	-73,37265	Puertas	Total	1,91	1,97	-17,8	-66,97606	1	-66,97606
Total Enero: -7418,96765							Total Febrero: -6061,07185							Total Marzo: -5532,67072									
Cerramiento							Cerramiento							Cerramiento									
	Area [m2]	U[W/m2°C]	Tseq-Tsi [°C]	Q [W]	Factor orientación	QT [W]		Area [m2]	U[W/m2°C]	Tseq-Tsi [°C]	Q [W]	Factor orientación	QT [W]		Area [m2]	U[W/m2°C]	Tseq-Tsi [°C]	Q [W]	Factor orientación	QT [W]			
Planta Alta	Muro Norte	21,82	0,52	-15,6	-177,00384	1,025	-181,428936	Muro Norte	21,82	0,52	-12,2	-138,42608	1,025	-141,886732	Muro Norte	21,82	0,52	-12,7	-144,09928	1,025	-147,701762		
	Muro Sur	19,7	0,52	-15,6	-159,8064	0,975	-155,81124	Muro Sur	19,7	0,52	-12,2	-124,9768	0,975	-121,85238	Muro Sur	19,7	0,52	-12,7	-130,0988	0,975	-126,84633		
	Muro Este	10,35	0,52	-15,6	-83,9592	1,025	-86,05818	Muro Este	10,35	0,52	-12,2	-65,6604	1,025	-67,30191	Muro Este	10,35	0,52	-12,7	-68,3514	1,025	-70,060185		
	Muro Oeste	11,238	0,52	-15,6	-91,162656	0,975	-88,8835896	Muro Oeste	11,238	0,52	-12,2	-71,293872	0,975	-69,5115252	Muro Oeste	11,238	0,52	-12,7	-74,215752	0,975	-72,3603582		
Planta Baja	Muro Norte	25,737	0,478	-15,6	-191,915662	1,025	-196,713553	Muro Norte	25,737	0,478	-12,2	-150,087889	1,025	-153,840086	Muro Norte	25,737	0,478	-12,7	-156,239032	1,025	-160,145008		
	Muro Sur	32,56	0,478	-15,6	-242,793408	0,975	-236,723573	Muro Sur	32,56	0,478	-12,2	-189,876896	0,975	-185,129974	Muro Sur	32,56	0,478	-12,7	-197,658736	0,975	-192,71268		
	Muro Este	31,73	0,478	-15,6	-236,604264	1,025	-242,519371	Muro Este	31,73	0,478	-12,2	-185,036668	1,025	-189,662585	Muro Este	31,73	0,478	-12,7	-192,620138	1,025	-197,435641		
	Muro Oeste	24,9162	0,478	-15,6	-185,79512	0,975	-181,150242	Muro Oeste	24,9162	0,478	-12,2	-145,301312	0,975	-141,668779	Muro Oeste	24,9162	0,478	-12,7	-151,256284	0,975	-147,474877		
	Techos	Total	157,2	0,553	-15,6	-1356,13296	1	-1356,13296	Techos	Total	157,2	0,553	-12,2	-1060,56552	1	-1060,56552	Techos	Total	157,2	0,553	-12,7	-1104,03132	1
Solera	Total	104,1	1,07	-7,8	-868,8186	1	-868,8186	Solera	Total	104,1	1,07	-6,1	-679,4607	1	-679,4607	Solera	Total	104,1	1,07	-6,35	-707,30745	1	-707,30745
Ventanas							Ventanas							Ventanas									
Climalit	21,059	2,03	-15,6	-666,896412	1	-666,896412	Climalit	21,059	2,03	-12,2	-521,547194	1	-521,547194	Climalit	21,059	2,03	-12,7	-542,922079	1	-542,922079			
Primalit	15,4848	2,19	-15,6	-529,022707	1	-529,022707	Primalit	15,4848	2,19	-12,2	-413,722886	1	-413,722886	Primalit	15,4848	2,19	-12,7	-430,678742	1	-430,678742			
Puertas	Total	1,91	1,97	-15,6	-58,69812	1	-58,69812	Puertas	Total	1,91	1,97	-12,2	-45,90494	1	-45,90494	Puertas	Total	1,91	1,97	-12,7	-47,78629	1	-47,78629
Total Abril: -4848,85748							Total Mayo: -3792,05521							Total Octubre: -3947,46731									
Cerramiento							Cerramiento							Cerramiento									
	Area [m2]	U[W/m2°C]	Tseq-Tsi [°C]	Q [W]	Factor orientación	QT [W]		Area [m2]	U[W/m2°C]	Tseq-Tsi [°C]	Q [W]	Factor orientación	QT [W]		Area [m2]	U[W/m2°C]	Tseq-Tsi [°C]	Q [W]	Factor orientación	QT [W]			
Planta Alta	Muro Norte	21,82	0,52	-17,2	-195,15808	1,025	-200,037032	Muro Norte	21,82	0,52	-19,2	-217,85088	1,025	-223,297152	Muro Norte	21,82	0,52	-19,2	-217,85088	1,025	-223,297152		
	Muro Sur	19,7	0,52	-17,2	-176,1968	0,975	-171,79188	Muro Sur	19,7	0,52	-19,2	-196,6848	0,975	-191,76768	Muro Sur	19,7	0,52	-19,2	-196,6848	0,975	-191,76768		
	Muro Este	10,35	0,52	-17,2	-92,5704	1,025	-94,88466	Muro Este	10,35	0,52	-19,2	-103,3344	1,025	-105,91776	Muro Este	10,35	0,52	-19,2	-103,3344	1,025	-105,91776		
	Muro Oeste	11,238	0,52	-17,2	-100,512672	0,975	-97,9998552	Muro Oeste	11,238	0,52	-19,2	-112,200192	0,975	-109,395187	Muro Oeste	11,238	0,52	-19,2	-112,200192	0,975	-109,395187		
Planta Baja	Muro Norte	25,737	0,478	-17,2	-211,599319	1,025	-216,889302	Muro Norte	25,737	0,478	-19,2	-236,203891	1,025	-242,108988	Muro Norte	25,737	0,478	-19,2	-236,203891	1,025	-242,108988		
	Muro Sur	32,56	0,478	-17,2	-267,695296	0,975	-261,002914	Muro Sur	32,56	0,478	-19,2	-298,822656	0,975	-291,35209	Muro Sur	32,56	0,478	-19,2	-298,822656	0,975	-291,35209		
	Muro Este	31,73	0,478	-17,2	-260,871368	1,025	-267,393152	Muro Este	31,73	0,478	-19,2	-291,205248	1,025	-298,485379	Muro Este	31,73	0,478	-19,2	-291,205248	1,025	-298,485379		
	Muro Oeste	24,9162	0,478	-17,2	-204,85103	0,975	-199,729754	Muro Oeste	24,9162	0,478	-19,2	-228,670917	0,975	-222,954144	Muro Oeste	24,9162	0,478	-19,2	-228,670917	0,975	-222,954144		
	Techos	Total	157,2	0,553	-17,2	-1495,22352	1	-1495,22352	Techos	Total	157,2	0,553	-19,2	-1669,08672	1	-1669,08672	Techos	Total	157,2	0,553	-19,2	-1669,08672	
Solera	Total	104,1	1,07	-8,6	-957,9282	1	-957,9282	Solera	Total	104,1	1,07	-9,6	-1069,3152	1	-1069,3152	Solera	Total	104,1	1,07	-9,6	-1069,3152		
Ventanas							Ventanas							Ventanas									
Climalit	21,059	2,03	-17,2	-735,296044	1	-735,296044	Climalit	21,059	2,03	-19,2	-820,795584	1	-820,795584	Climalit	21,059	2,03	-19,2	-820,795584	1	-820,795584			
Primalit	15,4848	2,19	-17,2	-583,281446	1	-583,281446	Primalit	15,4848	2,19	-19,2	-651,10487	1	-651,10487	Primalit	15,4848	2,19	-19,2	-651,10487	1	-651,10487			
Puertas	Total	1,91	1,97	-17,2	-64,71844	1	-64,71844	Puertas	Total	1,91	1,97	-19,2	-72,24384	1	-72,24384	Puertas	Total	1,91	1,97	-19,2	-72,24384		
Total Noviembre: -5346,1762							Total Diciembre: -5967,8246																



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial

Especialidad Mecánica

Mario Pérez Basa

Cálculos de Cargas térmicas para Verano:

Cerramiento		Area [m2]	U[W/m2°C]	Tseq-Tsi [°C]	Q [W]	Factor orientación	QT [W]	Cerramiento		Area [m2]	U[W/m2°C]	Tseq-Tsi [°C]	Q [W]	Factor orientación	QT [W]	Cerramiento		Area [m2]	U[W/m2°C]	Tseq-Tsi [°C]	Q [W]	Factor orientación	QT [W]
Planta Alta	Muro Norte	21,82	0,52	5,2	59,00128	1,025	60,476312	Planta Alta	Muro Norte	21,82	0,52	5	56,732	1,025	58,1503	Planta Alta	Muro Norte	21,82	0,52	4,4	49,92416	1,025	51,172264
	Muro Sur	19,7	0,52	6,7	68,6348	0,975	66,91893		Muro Sur	19,7	0,52	5,7	58,3908	0,975	56,93103		Muro Sur	19,7	0,52	7,7	78,8788	0,975	76,90683
	Muro Este	10,35	0,52	8,8	47,3616	1,025	48,54564		Muro Este	10,35	0,52	8,4	45,2088	1,025	46,33902		Muro Este	10,35	0,52	8	43,056	1,025	44,1324
	Muro Oeste	11,238	0,52	8,2	47,918832	0,975	46,7208612		Muro Oeste	11,238	0,52	7,8	45,581328	0,975	44,4417948		Muro Oeste	11,238	0,52	7,5	43,8282	0,975	42,732495
	Planta Baja	Muro Norte	25,737	0,478	5,2	63,9718872	1,025		65,571844	Planta Baja	Muro Norte	25,737	0,478	5	61,51143		1,025	63,0492158	Planta Baja	Muro Norte	25,737	0,478	4,4
	Muro Sur	32,56	0,478	6,7	104,276656	0,975	101,66974		Muro Sur	32,56	0,478	5,7	88,712976	0,975	86,4951516		Muro Sur	32,56	0,478	7,7	119,840336	0,975	116,844328
	Muro Este	31,73	0,478	8,8	133,469072	1,025	136,805799		Muro Este	31,73	0,478	8,4	127,402296	1,025	130,587353		Muro Este	31,73	0,478	8	121,33552	1,025	124,368908
	Muro Oeste	24,9162	0,478	8,2	97,6615375	0,975	95,2199991		Muro Oeste	24,9162	0,478	7,8	92,8975601	0,975	90,5751211		Muro Oeste	24,9162	0,478	7,5	89,324577	0,975	87,0914626
Techos	Norte	35,08	0,537	11,6	218,520336	1	218,520336	Techos	Norte	35,08	0,537	11,9	224,171724	1	224,171724	Techos	Norte	35,08	0,537	9,3	175,193028	1	175,193028
	Sur	68,54	0,537	13	478,47774	1	478,47774		Sur	68,54	0,537	12,6	463,755348	1	463,755348		Sur	68,54	0,537	12,4	456,394152	1	456,394152
	Este	29,674	0,537	13	207,154194	1	207,154194		Este	29,674	0,537	12,7	202,373713	1	202,373713		Este	29,674	0,537	11,5	183,251787	1	183,251787
	Oeste	23,894	0,537	12,2	156,539152	1	156,539152		Oeste	23,894	0,537	12,1	155,256044	1	155,256044		Oeste	23,894	0,537	10,8	138,575642	1	138,575642
	Solera	Total	104,1	1,276	4,8	637,59168	1		637,59168	Solera	Total	104,1	1,276	2,1	278,94636		1	278,94636	Solera	Total	104,1	1,276	4,2
Ventanas								Ventanas								Ventanas							
	climalit	21,059	2,03	9,7	414,672769	1	414,672769		climalit	21,059	2,03	4,2	179,549034	1	179,549034		climalit	21,059	2,03	8,4	359,098068	1	359,098068
	primalit	15,4848	2,19	9,7	328,943606	1	328,943606		primalit	15,4848	2,19	4,2	142,42919	1	142,42919		primalit	15,4848	2,19	8,4	284,858381	1	284,858381
	Radiacion				5447,39	1	5447,39		Radiacion				5447,39	0,9	4902,651		Radiacion				5447,39	0,88	4793,7032
Puertas	Total	3,92	1,97	9,7	74,90728	1	74,90728	Puertas	Total	3,92	1,97	4,2	32,43408	1	32,43408	Puertas	Total	3,92	1,97	8,4	64,86816	1	64,86816
Total Julio: 8586,12542								Total Junio: 7158,13548								Total Agosto: 7612,56714							

Cerramiento		Area [m2]	U[W/m2°C]	Tseq-Tsi [°C]	Q [W]	Factor orientación	QT [W]	Cerramiento		Area [m2]	U[W/m2°C]	Tseq-Tsi [°C]	Q [W]	Factor orientación	QT [W]	Cerramiento		Area [m2]	U[W/m2°C]	Tseq-Tsi [°C]	Q [W]	Factor orientación	QT [W]
Planta Alta								Planta Alta								Planta Alta							
	Muro Norte	21,82	0,52	3,4	38,57776	1,025	39,542204		Muro Norte	21,82	0,52	2,7	30,63528	1,025	31,401162		Muro Norte	21,82	0,52	0,7	7,94248	1,025	8,141042
	Muro Sur	19,7	0,52	4,9	50,1956	0,975	48,94071		Muro Sur	19,7	0,52	7,4	75,8056	0,975	73,91046		Muro Sur	19,7	0,52	5,9	60,4396	0,975	58,92861
	Muro Este	10,35	0,52	7	37,674	1,025	38,61585		Muro Este	10,35	0,52	5,6	30,1392	1,025	30,89268		Muro Este	10,35	0,52	2,8	15,0696	1,025	15,44634
	Muro Oeste	11,238	0,52	6,4	37,400064	0,975	36,4650624		Muro Oeste	11,238	0,52	5,3	30,971928	0,975	30,1976298		Muro Oeste	11,238	0,52	2,6	15,193776	0,975	14,8139316
Planta Baja								Planta Baja								Planta Baja							
	Muro Norte	25,737	0,478	3,4	41,8277724	1,025	42,8734667		Muro Norte	25,737	0,478	2,7	33,2161722	1,025	34,0465765		Muro Norte	25,737	0,478	0,7	8,6116002	1,025	8,8268902
	Muro Sur	32,56	0,478	4,9	76,262032	0,975	74,3554812		Muro Sur	32,56	0,478	7,4	115,171232	0,975	112,291951		Muro Sur	32,56	0,478	5,9	91,825712	0,975	89,5300692
	Muro Este	31,73	0,478	7	106,16858	1,025	108,822795		Muro Este	31,73	0,478	5,6	84,934864	1,025	87,0582356		Muro Este	31,73	0,478	2,8	42,467432	1,025	43,5291178
	Muro Oeste	24,9162	0,478	6,4	76,223639	0,975	74,3180481		Muro Oeste	24,9162	0,478	5,3	63,1227011	0,975	61,5446336		Muro Oeste	24,9162	0,478	2,6	30,9658534	0,975	30,191707
Techos								Techos								Techos							
	Norte	35,08	0,537	9,8	184,612008	1	184,612008		Norte	35,08	0,537	5,5	103,60878	1	103,60878		Norte	35,08	0,537	1,7	32,024532	1	32,024532
	Sur	68,54	0,537	11,2	412,226976	1	412,226976		Sur	68,54	0,537	9	331,25382	1	331,25382		Sur	68,54	0,537	6,6	242,919468	1	242,919468
	Este	29,674	0,537	11,2	178,471306	1	178,471306		Este	29,674	0,537	8,2	130,666492	1	130,666492		Este	29,674	0,537	4,5	71,707221	1	71,707221
	Oeste	23,894	0,537	10,4	133,443211	1	133,443211		Oeste	23,894	0,537	7,7	98,7993006	1	98,7993006		Oeste	23,894	0,537	4,1	52,6074198	1	52,6074198
Solera	Total	104,1	1,276	-0,85	-112,90686	1	-112,90686	Solera	Total	104,1	1,276	1,8	239,09688	1	239,09688	Solera	Total	104,1	1,276	-1,7	-225,81372	1	-225,81372
Ventanas								Ventanas								Ventanas							
	climalit	21,059	2,03	-1,7	-72,674609	1	-72,674609		climalit	21,059	2,03	3,6	153,899172	1	153,899172		climalit	21,059	2,03	-3,4	-145,349218	1	-145,349218
	primalit	15,4848	2,19	-1,7	-57,6499104	1	-57,6499104		primalit	15,4848	2,19	3,6	122,082163	1	122,082163		primalit	15,4848	2,19	-3,4	-115,299821	1	-115,299821
	Radiacion				5447,39	0,8	4357,912		Radiacion				5447,39	0,65	3540,8035		Radiacion				5447,39	0,65	3540,8035
Puertas	Total	3,92	1,97	-1,7	-13,12808	1	-13,12808	Puertas	Total	3,92	1,97	3,6	27,80064	1	27,80064	Puertas	Total	3,92	1,97	-3,4	-26,25616	1	-26,25616
Total Mayo: 5474,23966								Total Septiembre: 5209,35408								Total Octubre: 3696,75093							



ANEXO III: CALCULOS DE RADIACION EN EL PLANO INCLINADO DEL COLECTOR

CALCULOS DE RADIACION:

RADIACION ; tabla de radiaciones medias, Pliego de condiciones técnicas

$$I_T(\eta, \gamma) = I_D(\eta, \gamma) + I_d(\eta, \gamma)$$

Donde:

$I_T(\eta, \gamma)$: Radiación total sobre el plano inclinado (W/m^2)

$I_D(\eta, \gamma)$: Radiación directa sobre el plano inclinado (W/m^2)

$I_d(\eta, \gamma)$: Radiación difusa sobre el plano inclinado (W/m^2)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
MJ/m ² :	06.7	10.6	13.6	18.8	20.9	23.5	26.0	23.1	16.9	11.4	07.5	05.9	15.4
kW·h/m ² :	1.9	2.9	3.8	5.2	5.8	6.5	7.2	6.4	4.7	3.2	2.1	1.6	4.3

Irradiación mensual en el plano horizontal en Madrid (40°)



MEMORIA

Energía en megajulios que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes. (Fuente: CENSOLAR).

Nota: También se podrán tomar en consideración los valores indicados en la norma UNE 94003.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1 ÁLAVA	4,6	6,9	11,2	13	14,8	16,6	18,1	17,3	14,3	9,5	5,5	4,1	11,3
2 ALBACETE	6,7	10,5	15	19,2	21,2	25,1	26,7	23,2	18,8	12,4	8,4	6,4	16,1
3 ALICANTE	8,5	12	16,3	18,9	23,1	24,8	25,8	22,5	18,3	13,6	9,8	7,6	16,8
4 ALMERÍA	8,9	12,2	16,4	19,6	23,1	24,6	25,3	22,5	18,5	13,9	10	8	16,9
5 ASTURIAS	5,3	7,7	10,6	12,2	15	15,2	16,8	14,8	12,4	9,8	5,9	4,6	10,9
6 ÁVILA	6	9,1	13,5	17,7	19,4	22,3	26,3	25,3	18,8	11,2	6,9	5,2	15,1
7 BADAJOZ	6,5	10	13,6	18,7	21,8	24,6	25,9	23,8	17,9	12,3	8,2	6,2	15,8
8 BALEARES	7,2	10,7	14,4	16,2	21	22,7	24,2	20,6	16,4	12,1	8,5	6,5	15
9 BARCELONA	6,5	9,5	12,9	16,1	18,6	20,3	21,6	18,1	14,6	10,8	7,2	5,8	13,5
10 BURGOS	5,1	7,9	12,4	16	18,7	21,5	23	20,7	16,7	10,1	6,5	4,5	13,6
11 CÁCERES	6,8	10	14,7	19,6	22,1	25,1	28,1	25,4	19,7	12,7	8,9	6,6	16,6
12 CÁDIZ	8,1	11,5	15,7	18,5	22,2	23,8	25,9	23	18,1	14,2	10	7,4	16,5
13 CANTABRIA	5	7,4	11	13	16,1	17	18,4	15,5	13	9,5	5,8	4,5	11,3
14 CASTELLÓN	8	12,2	15,5	17,4	20,6	21,4	23,9	19,5	16,6	13,1	8,6	7,3	15,3
15 CEUTA	8,9	13,1	18,6	21	24,3	26,7	26,8	24,3	19,1	14,2	11	8,6	18,1
16 CIUDAD REAL	7	10,1	15	18,7	21,4	23,7	25,3	23,2	18,8	12,5	8,7	6,5	15,9
17 CÓRDOBA	7,2	10,1	15,1	18,5	21,8	25,9	28,5	25,1	19,9	12,6	8,6	6,9	16,7
18 LA CORUÑA	5,4	8	11,4	12,4	15,4	16,2	17,4	15,3	13,9	10,9	6,4	5,1	11,5
19 CUENCA	5,9	8,8	12,9	17,4	18,7	22	25,6	22,3	17,5	11,2	7,2	5,5	14,6
20 GERONA	7,1	10,5	14,2	15,9	18,7	19	22,3	18,5	14,9	11,7	7,8	6,6	13,9
21 GRANADA	7,8	10,8	15,2	18,5	21,9	24,8	26,7	23,6	18,8	12,9	9,6	7,1	16,5
22 GUADALAJARA	6,5	9,2	14	17,9	19,4	22,7	25	23,2	17,8	11,7	7,8	5,6	15,1
23 GUIPÚZCOA	5,5	7,7	11,3	11,7	14,6	16,2	16,1	13,6	12,7	10,3	6,2	5	10,9
24 HUELVA	7,6	11,3	16	19,5	24,1	25,6	28,7	25,6	21,2	14,5	9,2	7,5	17,6
25 HUESCA	6,1	9,6	14,3	18,7	20,3	22,1	23,1	20,9	16,9	11,3	7,2	5,1	14,6
26 JAÉN	6,7	10,1	14,4	18	20,3	24,4	26,7	24,1	19,2	11,9	8,1	6,5	15,9
27 LEÓN	5,8	8,7	13,8	17,2	19,5	22,1	24,2	20,9	17,2	10,4	7	4,8	14,3
28 LÉRIDA	6	9,9	18	18,8	20,9	22,6	23,8	21,3	16,8	12,1	7,2	4,8	15,2
29 LUGO	5,1	7,6	11,7	15,2	17,1	19,5	20,2	18,4	15	9,9	6,2	4,5	12,5
30 MADRID	6,7	10,6	13,6	18,8	20,9	23,5	26	23,1	16,9	11,4	7,5	5,9	15,4
31 MÁLAGA	8,3	12	15,5	18,5	23,2	24,5	26,5	23,2	19	13,6	9,3	8	16,8
32 MELILLA	9,4	12,6	17,2	20,3	23	24,8	24,8	22,6	18,3	14,2	10,9	8,7	17,2
33 MURCIA	10,1	14,8	16,6	20,4	24,2	25,6	27,7	23,5	18,6	13,9	9,8	8,1	17,8
34 NAVARRA	5	7,4	12,3	14,5	17,1	18,9	20,5	18,2	16,2	10,2	6	4,5	12,6
35 ORENSE	4,7	7,3	11,3	14	16,2	17,6	18,3	16,6	14,3	9,4	5,6	4,3	11,6
36 PALENCIA	5,3	9	13,2	17,5	19,7	21,8	24,1	21,6	17,1	10,9	6,6	4,6	14,3
37 LAS PALMAS	11,2	14,2	17,8	19,6	21,7	22,5	24,3	21,9	19,8	15,1	12,3	10,7	17,6
38 PONTEVEDRA	5,5	8,2	13	15,7	17,5	20,4	22	18,9	15,1	11,3	6,8	5,5	13,3
39 LA RIOJA	5,6	8,8	13,7	16,6	19,2	21,4	23,3	20,8	16,2	10,7	6,8	4,8	14
40 SALAMANCA	6,1	9,5	13,5	17,1	19,7	22,8	24,6	22,6	17,5	11,3	7,4	5,2	14,8
41 STA. C. DE TENERIFE	10,7	13,3	18,1	21,5	25,7	26,5	29,3	26,6	21,2	16,2	10,8	9,3	19,1
42 SEGOVIA	5,7	8,8	13,4	18,4	20,4	22,6	25,7	24,9	18,8	11,4	6,8	5,1	15,2
43 SEVILLA	7,3	10,9	14,4	19,2	22,4	24,3	24,9	23	17,9	12,3	8,8	6,9	16
44 SORIA	5,9	8,7	12,8	17,1	19,7	21,8	24,1	22,3	17,5	11,1	7,6	5,6	14,5
45 TARRAGONA	7,3	10,7	14,9	17,6	20,2	22,5	23,8	20,5	16,4	12,3	8,8	6,3	15,1
46 TERUEL	6,1	8,8	12,9	16,7	18,4	20,6	21,8	20,7	16,9	11	7,1	5,3	13,9
47 TOLEDO	6,2	9,5	14	19,3	21	24,4	27,2	24,5	18,1	11,9	7,6	5,6	15,8
48 VALENCIA	7,6	10,6	14,9	18,1	20,6	22,8	23,8	20,7	16,7	12	8,7	6,6	15,3
49 VALLADOLID	5,5	8,8	13,9	17,2	19,9	22,6	25,1	23	18,3	11,2	6,9	4,2	14,7
50 VIZCAYA	5	7,1	10,8	12,7	15,5	16,7	17,9	15,7	13,1	9,3	6	4,6	11,2
51 ZAMORA	5,4	8,9	13,2	17,3	22,2	21,6	23,5	22	17,2	11,1	6,7	4,6	14,5
52 ZARAGOZA	6,3	9,8	15,2	18,3	21,8	24,2	25,1	23,4	18,3	12,1	7,4	5,7	15,6



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial

Especialidad Mecánica

Mario Pérez Basa

LATITUD = 40°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,07	1,06	1,05	1,03	1,02	1,01	1,02	1,03	1,05	1,08	1,09	1,09
10	1,14	1,11	1,08	1,05	1,03	1,02	1,03	1,06	1,1	1,14	1,17	1,16
15	1,2	1,16	1,12	1,07	1,03	1,02	1,04	1,08	1,14	1,21	1,25	1,24
20	1,25	1,2	1,14	1,08	1,03	1,02	1,03	1,09	1,17	1,26	1,32	1,3
25	1,3	1,23	1,16	1,08	1,02	1	1,02	1,09	1,19	1,3	1,38	1,36
30	1,34	1,26	1,17	1,07	1,01	0,98	1,01	1,09	1,2	1,34	1,43	1,41
35	1,37	1,28	1,17	1,06	0,98	0,95	0,98	1,07	1,21	1,37	1,47	1,45
40	1,39	1,29	1,16	1,04	0,95	0,92	0,95	1,05	1,21	1,39	1,5	1,48
45	1,4	1,29	1,15	1,01	0,91	0,88	0,92	1,03	1,2	1,39	1,52	1,5
50	1,41	1,28	1,13	0,98	0,87	0,83	0,87	0,99	1,18	1,39	1,54	1,52
55	1,4	1,27	1,1	0,94	0,82	0,78	0,82	0,95	1,15	1,38	1,54	1,52
60	1,39	1,24	1,07	0,89	0,77	0,72	0,77	0,9	1,12	1,36	1,53	1,51
65	1,37	1,21	1,03	0,84	0,71	0,66	0,71	0,85	1,07	1,34	1,51	1,5
70	1,34	1,17	0,98	0,78	0,64	0,59	0,64	0,79	1,02	1,3	1,49	1,47
75	1,3	1,13	0,92	0,72	0,57	0,52	0,57	0,73	0,97	1,25	1,45	1,44
80	1,25	1,08	0,86	0,65	0,5	0,45	0,5	0,66	0,9	1,2	1,41	1,4
85	1,2	1,02	0,8	0,58	0,43	0,37	0,42	0,58	0,84	1,14	1,35	1,35
90	1,14	0,95	0,73	0,5	0,35	0,29	0,34	0,5	0,76	1,07	1,29	1,29

Factores de corrección para una irradiación en la superficie inclinada 20° sobre el plano horizontal en Madrid (40°)

ANEXO IV: ESTUDIO EN PROFUNDIDAD DE RADIACIONES A TRAVES DE SUPERFICIES ACRISTALADAS

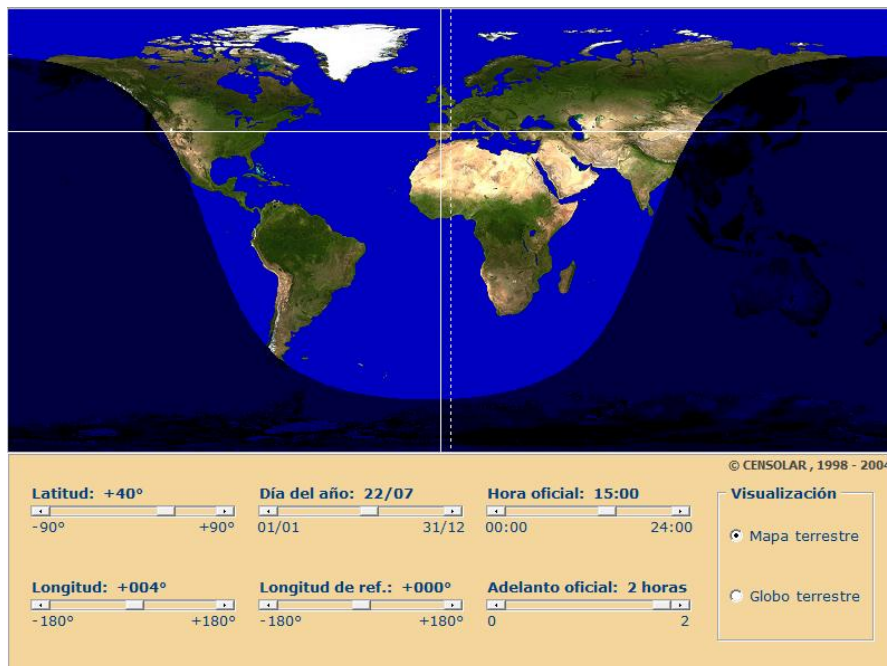
Estudio de Radiación (Apéndice I del manual): Para la transmisión de calor a través de las superficies acristaladas:

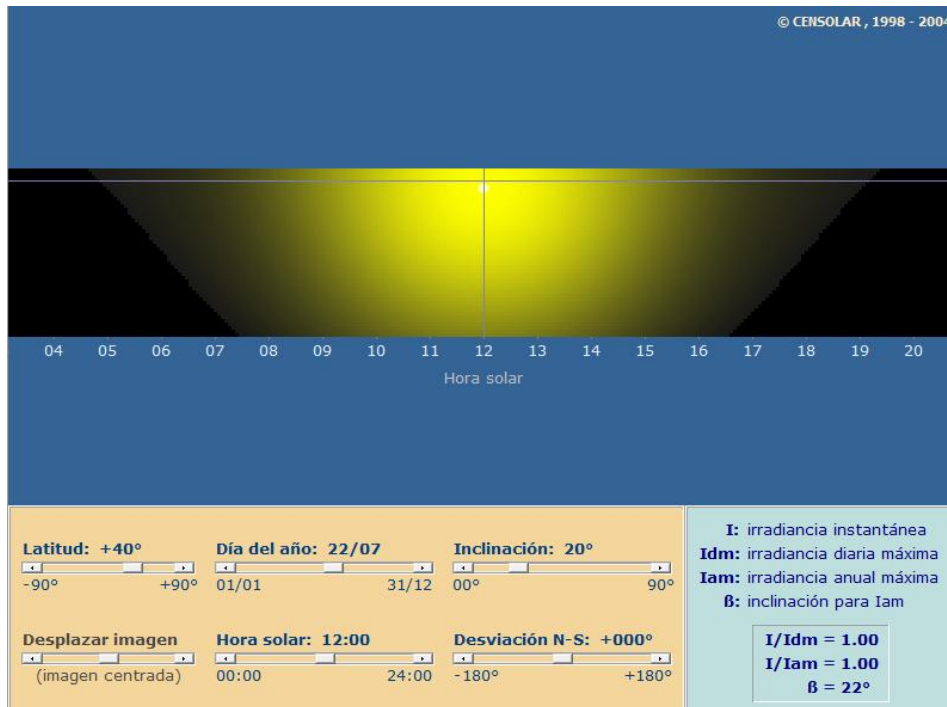
Como ya hemos visto en el apartado anterior de transmisión de cargas térmicas por convección, la carga sensible a través de superficies acristaladas tiene dos componentes, un flujo térmico producido por los fenómenos convectivos y otro flujo térmico producido por fenómenos de radiación.

$$Q_{sens} = A \cdot (q_{cc} + q_{cr})$$

Concerniente al apéndice H: relaciones astronómicas tierra-sol , geometría de la radiación solar:

HORA CIVIL-HORA SOLAR:





Longitud de referencia: en verano la hora civil teórica está referenciada al meridiano que se encuentra a 30º al Este del meridiano de Greenwich

Longitud del lugar : en este caso la de Madrid , que se encuentra a 4º al oeste del meridiano de Greenwich.

Declinación: $DEC = 23,45 \sin\left(\frac{360 (ND+284)}{365,25}\right) = 20,31^\circ$

Siendo ND, el numero Juliano del día del año, por lo tanto 203 para el 22 de Julio.

Tiempo solar verdadero: $TSV = HCR + \frac{4(LONG_{ref} - LONG_{lugar})}{60} + \frac{Et}{60} = 12h 38'$

(aunque por facilidad de cálculos se tomará una hora solar de 12h)

Siendo HCR la hora civil real y Et la ecuación del tiempo a lo largo del año , y responde a la formula siguiente:

$$\frac{Et}{229,18} = 0,000075 + 0,001868 \cos\left(\frac{360(ND-1)}{365}\right) - 0,032077 \sin\left(\frac{360(ND-1)}{365}\right) - 0,014615 \cos\left(2 \frac{360(ND-1)}{365}\right) - 0,04069 \sin\left(\frac{360(ND-1)}{365}\right)$$

Se llega al resultado de, Et= 6'

Angulo Horario, AH: $AH = 15(TSV - 12) = 0^\circ$

Altura solar, hs:

$$\sin(hs) = \sin(LAT)\sin(DEC) + \cos(LAT)\cos(DEC)\cos(AH) = 0,9415 \rightarrow$$

$$hs = 70,3^\circ$$

Acimut solar, As:

MEMORIA

$$\sin A_s = \frac{\cos(DEC) \sin(AH)}{\sin h_s} = 0 \Rightarrow A_s = 0^\circ$$

$$\text{Angulo cenital, } \theta_z: \cos \theta_z = \sin h_s \Rightarrow \theta_z = 19,7^\circ$$

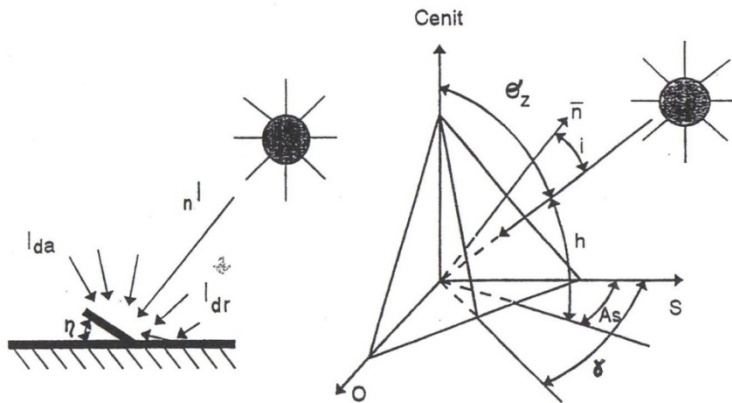
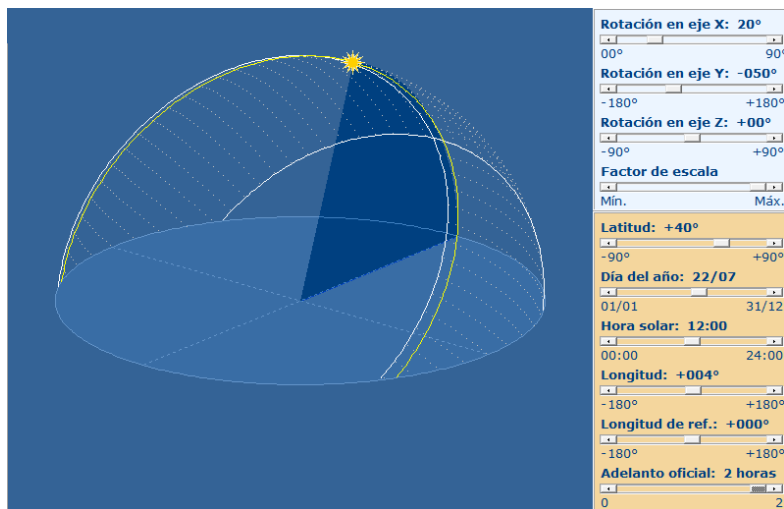


Fig I.5. Radiación incidente y ángulos determinantes en una superficie con orientación cualquiera.

Si hacemos uso de la utilidad de Censolar para observar más detenidamente la posición solar en el caso de estudio:



Coefficiente corrector de excentricidad orbital solar, E_o :

$$E_o = 1 + 0,0033 \cos\left(\frac{360 ND}{365}\right) = 0,969$$

Masa relativa de aire seco, m_{rel} :

$$m_{rel} = \frac{1}{\cos \theta_z + 0,15 (90,825 - \theta_z) - 1,275} = 1,0614$$



MEMORIA

Masa óptica del aire, m_a :

$$m_a = m_{ref} \cdot e^{-0.0001184 x} = 0,989$$

Coef. De transmisión para la mezcla uniforme de gases, τ_g :

$$\tau_g = e^{-0.0127 m_a^{0.25}} = 0,987$$

Coef. De transmisión al ozono, τ_o :

Para el mes de Julio y a 40°N de latitud, el espesor de la capa de ozono en la vertical del lugar, es: $L_o = 0,31$ cm

(tabla espesor de la capa de ozono, pag 431)

$$\tau_o = 1 - \left[0,1611 U_o (1 + 139,48 U_o)^{-0.2035} + \frac{0,002715 U_o}{1 + 0,044 U_o + 0,0003 U_o^2} \right] = 0,9827$$

Siendo el camino óptico relativo para el ozono, $U_o = L_o m_{ref} = 0,329$

Coef. de transmisión al vapor de agua, τ_w :

$$\tau_w = 1 - \frac{2,4959 U_1}{(1 + 79,034 U_1)^{0.6929} + 6,384 U_1} = 0,883$$

Teniendo en cuenta que la cantidad de agua precipitable es:

$$WW = 0,00493 \phi \frac{e^{26,29 - \frac{5416}{T_s + 273,15}}}{T_s + 273,15} = 2,3 \text{ cm}$$

Y que el camino óptico relativo para el vapor de agua,

$$U_1 = WW \cdot m_{ref} = 2,44$$

Coef. De transmisión debido al cambio de dirección de la radiación solar por la acción de las moléculas de aire, τ_r :

$$\tau_r = e^{-0.0908 m_a^{0.25} (1 + m_a - m_a^{1.04})} = 0,914$$

Coef. De transmisión total debido a la acción de los aerosoles, τ_a :

$$\tau_a = 0,12445 \alpha' - 0,0162 + (1,003 - 0,125 \alpha') e^{-\beta' m_a (1,089 \alpha' + 0,5123)} = 0,777$$

Coef. De transmisión debida a la absorción por los aerosoles, τ_{aa} :

$$\tau_{aa} = 1 - (1 - \omega_p) (1 - m_a + m_a^{1.06}) (1 - \tau_a) = 0,998$$

Siendo el valor de $\omega_0 = 0,9$ (valor recomendado por el manual de Pinazo Ojer)

Coef. De transmisión debido a la difusión por aerosoles, τ_{as} :

$$\tau_{as} = \frac{\tau_a}{\tau_{aa}} = 0,778$$

Coef. De reflexión múltiple del cielo, ρ_a' :

$$\rho_a' = 0,0685 + (1 - F_c)(1 - \tau_{as}) = 0,104$$

Siendo $F_c = 0,84$, para el caso de radiación difusa.

Ángulos de incidencia para cada orientación de las superficies acristaladas de la vivienda:

$$\cos i = \sin \eta \sin \gamma \cos h_s \sin A_s + \sin \eta \cos \gamma \cos h_s \cos A_s + \cos \eta \sin h_s$$

Orientación	η	γ	Angulo de incidencia (i)
NORTE	90°	180°	-70,3 (en sombra)
SUR	90°	0°	70,3°
ESTE	90°	90°	90° (en sombra)
OESTE	90°	-90°	90°

Averiguados estos primeros datos preliminares, se estudiará la radiación para cada orientación:

Radiación directa según los rayos solares, I_n :

$$I_n = 0,9751 E_0 I_{sc} \tau_o \tau_g \tau_w \tau_{aa} = 785,61 \text{ W/m}^2$$

Siendo I_{sc} , constante solar con el valor $I_{sc} = 1367 \text{ W/m}^2$

Radiación difusa, I_d , es la suma de los tres fenómenos de la radiación difusa, estos son los siguientes:

Radiación difusa debida a la difusión por Reyleigh, I_{dr} :

$$I_{dr} = 0,79 I_{sc} E_0 \tau_o \tau_g \tau_w \tau_{aa} 0,5 \frac{1 - \tau_r}{1 - m_a + m_a^{1,02}} \cos \theta_z = 33,103 \text{ W/m}^2$$

Radiación difusa debida a cambios de dirección por la presencia de aerosoles, I_{da} :

$$I_{da} = 0,79 I_{sc} E_0 \tau_o \tau_g \tau_w \tau_{aa} E_0 \frac{1 - \tau_{as}}{1 - m_a + m_a^{1,02}} \cos \theta_z = 157,06 \text{ W/m}^2$$

Radiación difusa por múltiple reflexión entre la tierra y la atmosfera, I_{dm} :

$$I_{dm} = (I_n \cos \theta_z + I_{dr} + I_{da}) \frac{\rho_g \rho_a^t}{1 - \rho_g \rho_a^t} = 19,75 \text{ W/m}^2$$

Así por tanto , la radiación difusa total sobre el plano horizontal es la suma de todas ellas.

$$I_{dh} = I_{dr} + I_{da} + I_{dm} = 209,913 \text{ W/m}^2$$

Teniendo calculadas las radiaciones directa y difusa sobre el plano horizontal, llega el momento de particularizar para cada orientación.

	I directa (η, γ) [W/m ²]	I dat (η, γ) [W/m ²]	I dre (η, γ) [W/m ²]	Total I difusa (η, γ) [W/m ²]	I total (η, γ) [W/m ²]+
Norte	0	104,9565	94,95416747	199,9106675	199,910667
Sur	264,825406	104,9565	94,95416747	199,9106675	464,736073
Este	0	104,9565	94,95416747	199,9106675	199,910667
Oeste	0	104,9565	94,95416747	199,9106675	199,910667

Siendo los datos expuestos:

Radiación directa sobre la superficie inclinada, $I_D(\eta, \gamma)$: $I_D(\eta, \gamma) = I_n \cos \theta_z$

Radiación difusa desde la atmosfera, $I_{dat}(\eta, \gamma)$: $I_{dat}(\eta, \gamma) = \frac{1 + \cos \eta}{2} I_{dh}$

Radiación difusa desde el suelo, $I_{dre}(\eta, \gamma)$: $I_{dre}(\eta, \gamma) = \frac{1 + \cos \eta}{2} \rho_g (I_n \cos \theta_z + I_{dh})$

Radiación total para el plano inclinado, $I_T(\eta, \gamma)$: $I_T(\eta, \gamma) = I_D(\eta, \gamma) + I_{dat}(\eta, \gamma) + I_{dre}(\eta, \gamma)$



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

ANEXO V: Cálculo de superficies:

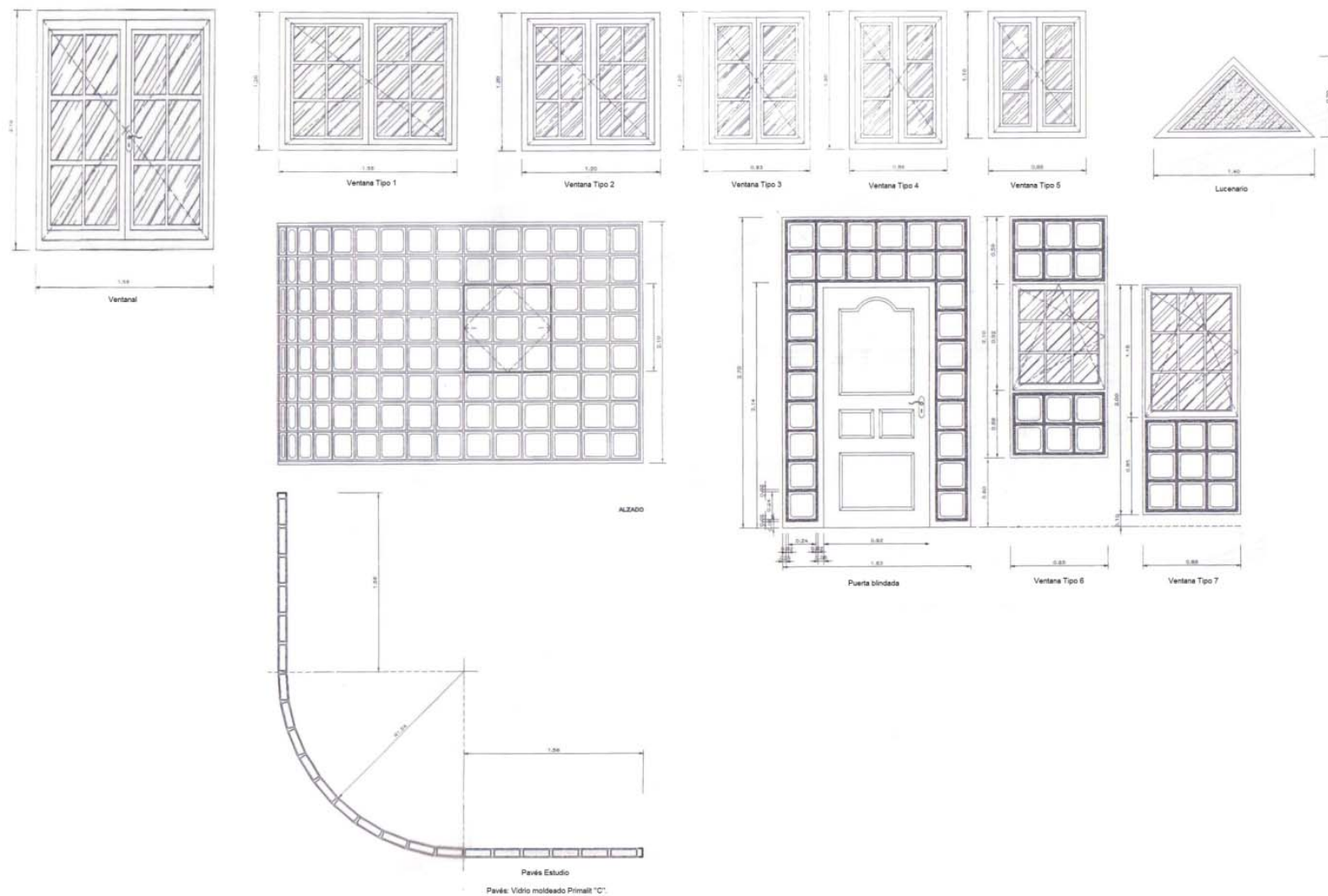
Calculo de superficies									
Planta Primera		Superficie	Ventanas/Puertas	Total					
	Muro Norte	23,52	1,7	21,82					
	Muro Sur	19,7	0	19,7					
	Muro Este	13,23	2,88	10,35					
	Muro Oeste	15,33	4,092	11,238					
Planta Baja									
	Muro Norte	35,235	9,498	25,737					
	Muro Sur	39,59	7,03	32,56					
	Muro Este	38,93	7,2	31,73					
	Muro Oeste	35,86	10,9438	24,9162					
Techos	Total	157,2	0	157,2					
Solera	Total	104,1	0	104,1					
Climalit	Muro Norte	1,955							
	Muro Sur	7,03							
	Muro Este	7,2							
	Muro Oeste	4,874							
	Total		21,059						
Primalit	Muro Norte	7,283							
	Muro Sur	0							
	Muro Este	0							
	Muro Oeste	8,2018							
	Total		15,4848						
Puertas	Muro Norte	1,96							
	Muro Sur	0							
	Muro Este	0							
	Muro Oeste	1,96							
Ventanas	Altura	Longitud	Superficie	Norte	Sur	Este	Oeste		
	Tipo1	1,2	1,55	1,86	0	1	1	1	
	Tipo2	1,2	1,2	1,44	0	0	2	1	0
	Tipo3	1,2	0,93	1,116	0	0	0	2	
	Tipo4	1,2	0,85	1,02	0	0	1	0	
	Tipo5	1,1	0,85	0,935	0	1	0	0	
	Ventanal	2,1	1,55	3,255	0	1	0	0	
	Lucernario	1,4	0,7	0,98	0	1	0	0	
	Tipo6	0,92	0,85	0,782	0	0	0	1	
	Paves Tipo6	1,18	0,85	1,003	0	0	0	1	
	Tipo7	1,15	0,85	0,9775	1	1	0	0	
	Paves Tipo7	0,85	0,85	0,7225	1	1	0	0	
	Paves Estudio	2,1	2,78	5,838	1	0	0	1	
	Paves Puerta	2,43	0,56	1,3608	0	0	0	1	
Puertas	Puerta Blindada	2,14	0,92	1,9688	1	0	0	1	Total Planta
				Planta Primera	1,7	0	2,88	4,092	8,672
				Planta Baja	7,538	7,03	4,32	8,9838	27,8718
				Total Orientacion	9,238	7,03	7,2	13,0758	36,5438





MEMORIA

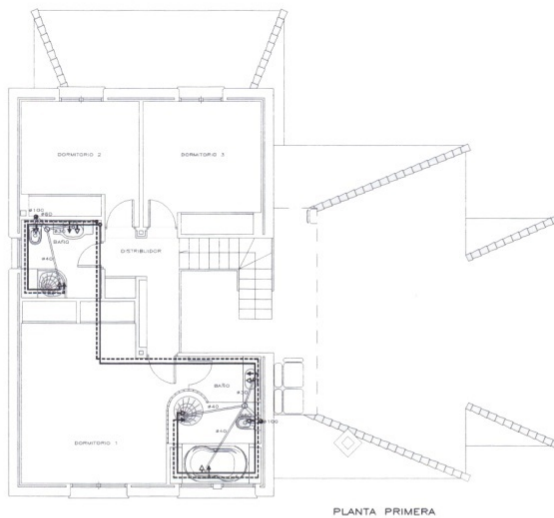
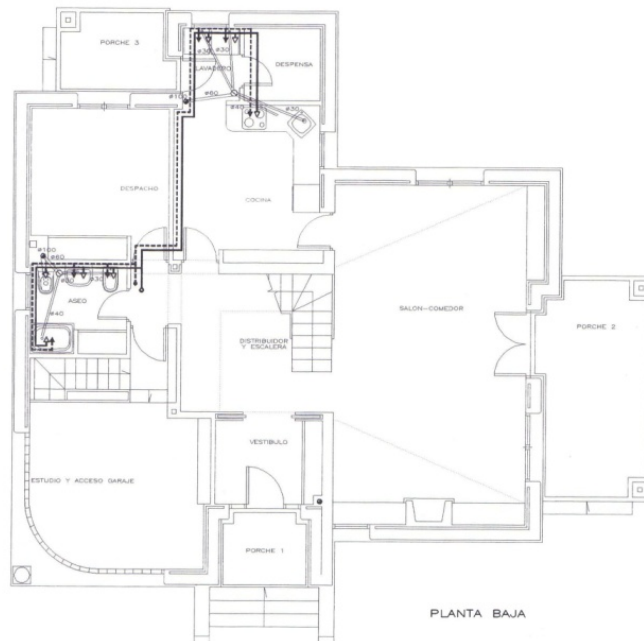
Superficies acristaladas





MEMORIA

Planos de fontanería:



LEYENDA DE FONTANERIA Y SANEAMIENTO

	LINEA GENERAL
	CONDUCTOR
	LINEA DE PISO RED A.C.S.
	LINEA DE PISO RED A.F.
	TOMA DE AGUA FRIA
	TOMA DE A.C.S.
	CONDUCTO DE SOBRE RED A.F.
	CONDUCTO DE SOBRE RED A.C.S.
	VENTILANTE A.F.
	VENTILANTE A.C.S.
	CALDERINERACALIFORNIA ELECTRICO
	CONDUCTO DE P.V.C. RED DE DESAGUE
	BOYER SIFONADO
	BOYER DE P.V.C. Ø 100

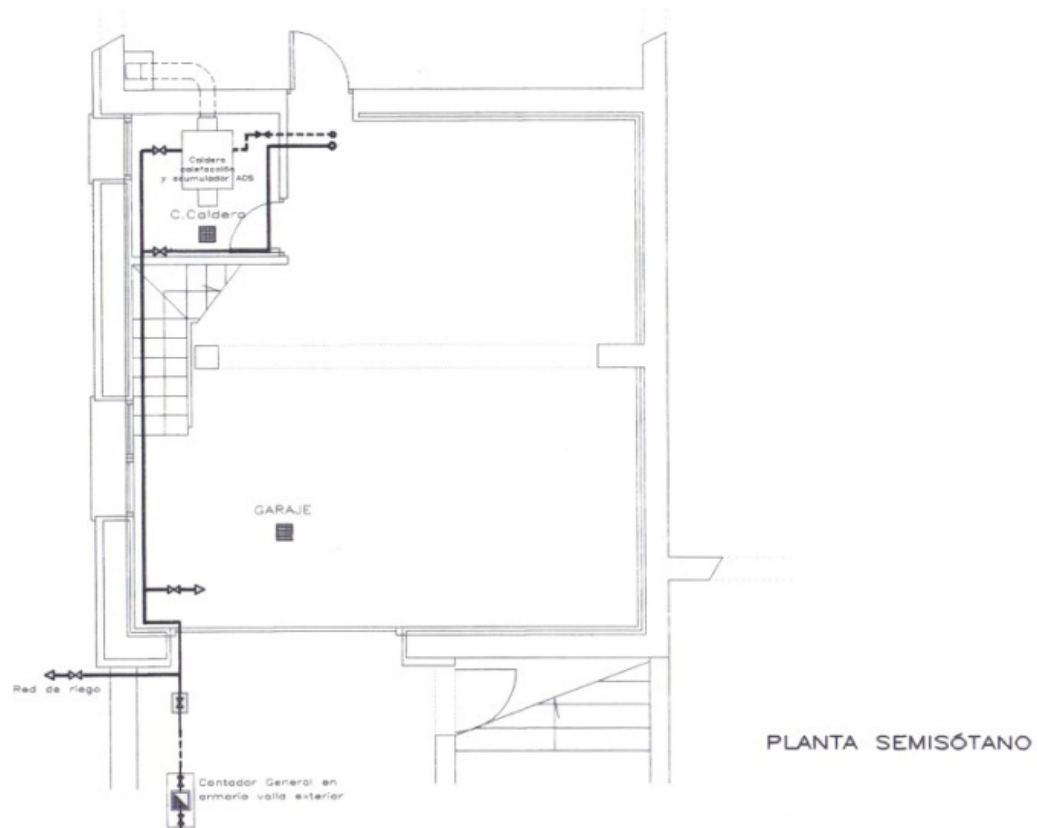


MEMORIA

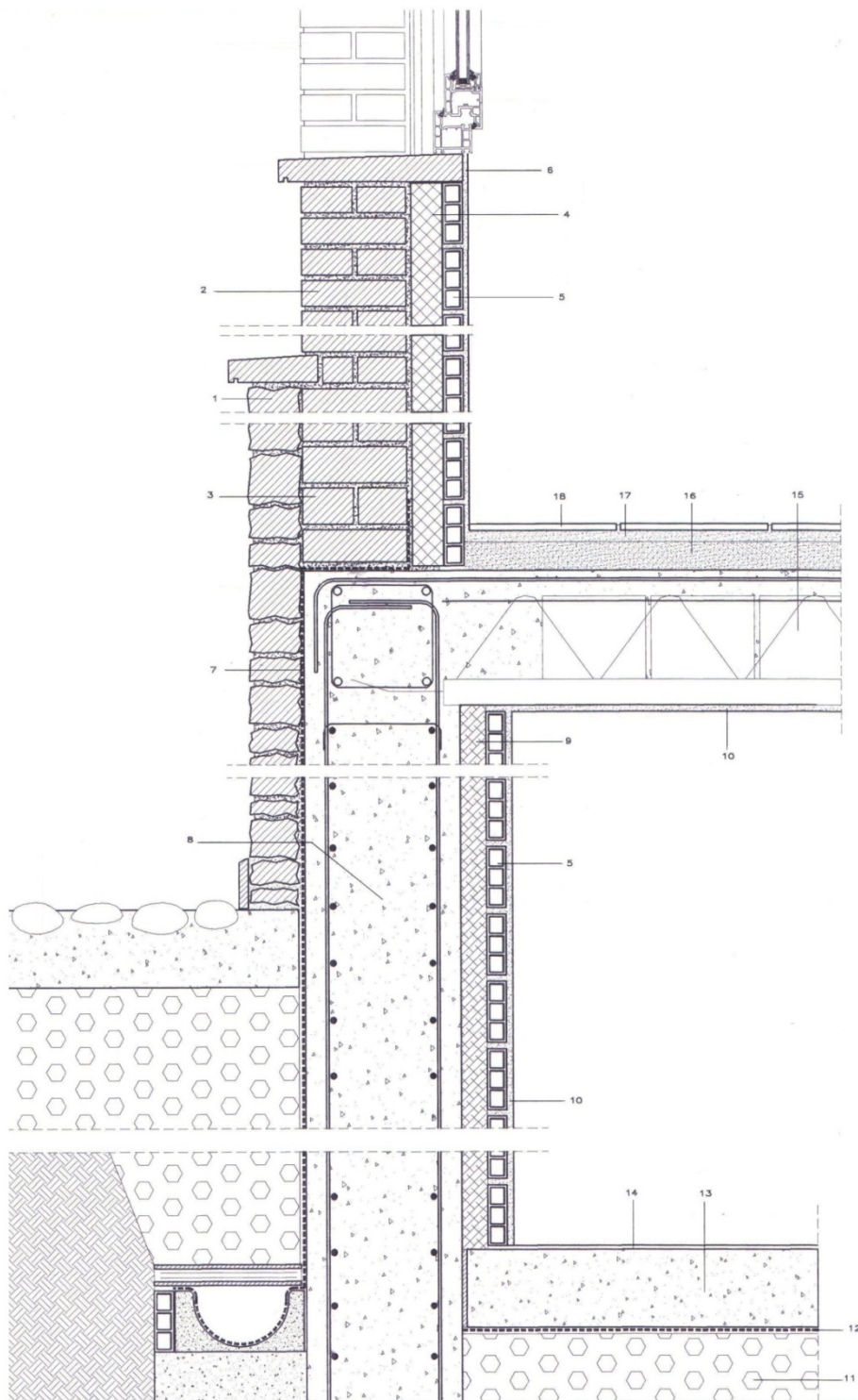
Ingeniería Técnica Industrial

Especialidad Mecánica

Mario Pérez Basa

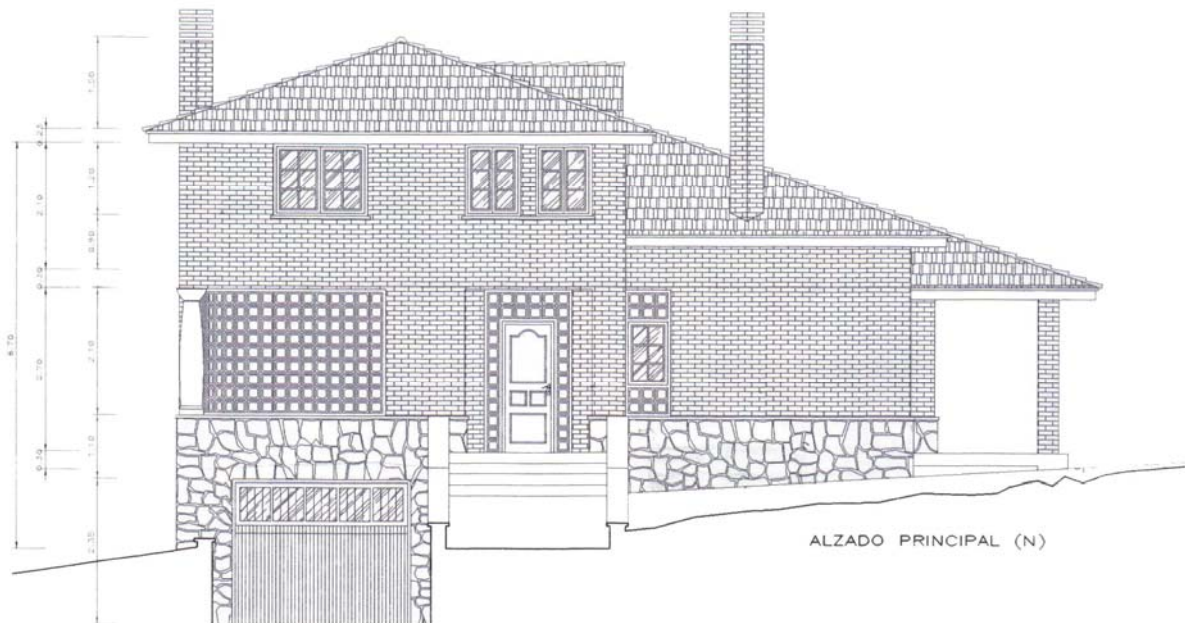


DETALLE DE LAS PAREDES:





ALZADO LATERAL (S)



ALZADO PRINCIPAL (N)

ANEXO VII: Datos técnicos de los captadores:

CAPTADOR PLANO VERTICAL SELECTIVO OPS-V210

El captador plano vertical OPS-V210 posee un absorbedor de aluminio con recubrimiento selectivo (Sunselect) con tubos vertical de cobre en disposición de parrilla, unidos al absorbedor con soldadura láser. Se ofrece con un área de 2.09 m² de superficie. Está disponible para sistemas de circulación natural y forzada.



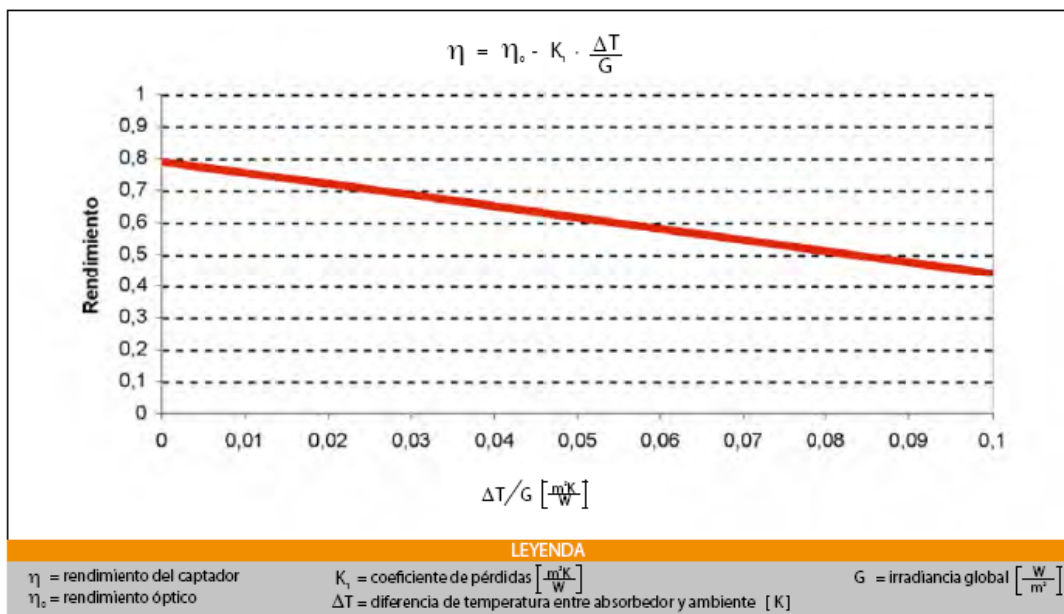
Información Técnica de Producto

- Material del absorbedor: láminas de aluminio y tubo de cobre.
- Tratamiento de la superficie del absorbedor: selectivo(Sunselect).
- Material de sellado: EPDM y silicona.
- Material de la carcasa (marco y cubierta trasera): aluminio.
- Material de aislamiento: lana de roca de 50 kg/ m³, con espesor de 50 mm.
- Garantía: 5 años.

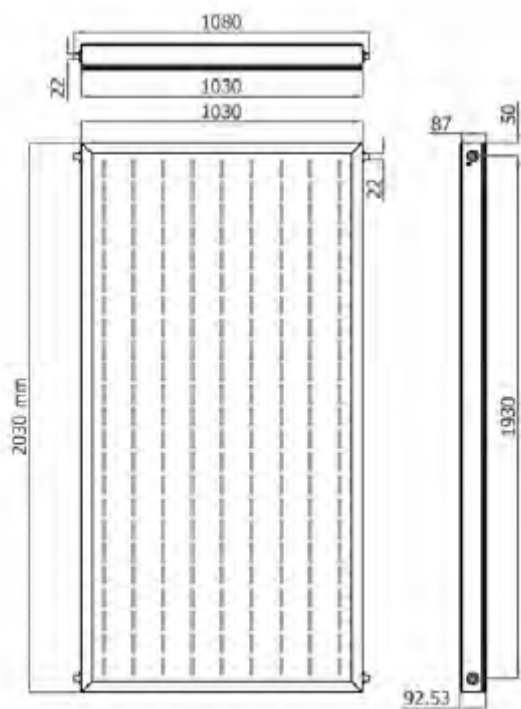
REFERENCIA		01010110/100404
Modelo		OPS-V210
Captador	Unidades	Valores
Dimensiones (Ancho x Alto x Profundo)	mm	1030 x 2030 x 92.5
Área bruta	m ²	2.09
Área de apertura	m ²	1.92
Número de cubiertas		1
Espesor de la cubierta	mm	4
Material de la cubierta		Vidrio templado de bajo contenido en hierro
Tubos verticales		9 tubos de cobre
Diámetro de los tubos verticales	mm	8
Separación entre tubos	mm	100
Tubos horizontales		2 tubos de cobre
Diámetro de los tubos horizontales	mm	22
Construcción tipo		Parrilla
Peso en vacío	kg	48.20
Peso en funcionamiento	kg	50.33
Material de la carcasa		Aluminio lacado gris
Absorbedor		
Tratamiento del absorbedor		Sunselect
Rendimiento óptico	%	78.6
Coefficiente de pérdidas k _i	W/m ² K	3.62
Aislamiento		Lana de Roca
Espesor aislamiento lateral y posterior	mm	20 / 50
Hidráulica		
Volumen fluido caloportador	litros	1.36
Fluido Caloportador		Propilenglicol
Presión de trabajo	bar	10
Presión de prueba	bar	15
Caudal recomendado	l/hm ²	50
Conexiones de tubo liso	mm	22
Temperatura de estancamiento *	°C	217 °C + T ^a ambiente

* Radiación a 1000 W/m²

CURVAS DE RENDIMIENTO DEL CAPTADOR PLANO VERTICAL SELECTIVO OPS-V210 *

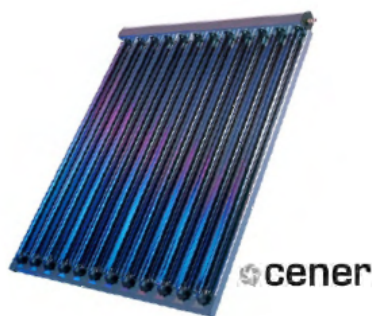


* Homologación en trámite.



CAPTADOR DE TUBOS DE VACÍO CPC

Los captadores de tubos de vacío CPC están formados por 12 ó 18 tubos de vacío, característica que minimiza las pérdidas térmicas. Dispone de espejos reflectores que permiten captar radiación solar tanto directa como difusa, aumentando así el número de horas de captación y obteniendo mayor producción que en los captadores de placa plana.

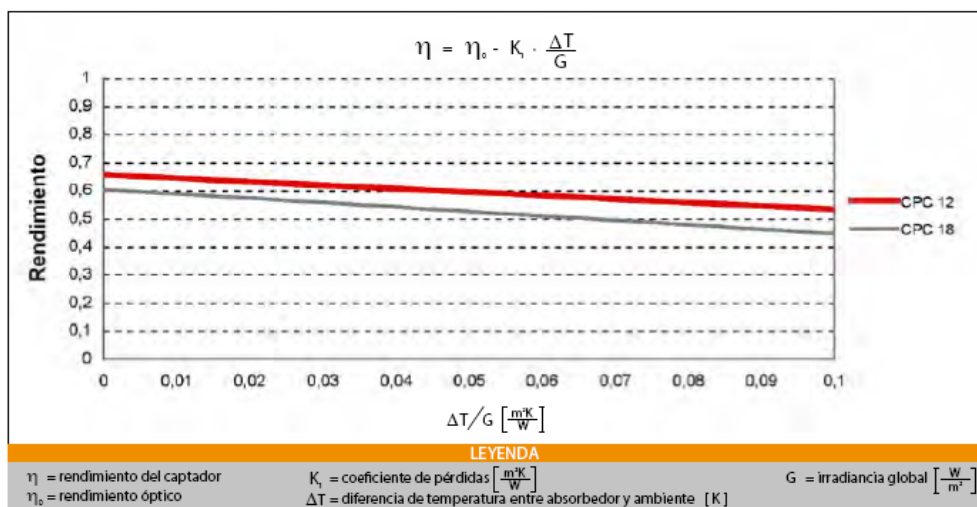


Información Técnica de Producto

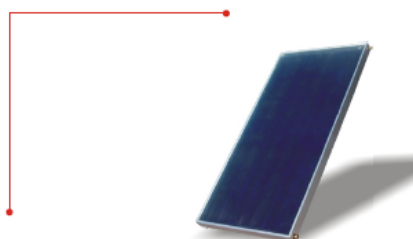
- Material del absorbedor: cobre y aluminio.
- Tratamiento de la superficie del absorbedor: nitrato de aluminio.
- Material de sellado: EPDM y silicona.
- Material de la carcasa: aluminio y plástico.
- Material del aislamiento: poliuretano en el cabezal.
- Garantía: 5 años.

REFERENCIA		01010230/100737	01010230/100738
Modelo		CPC 12	CPC 18
Dimensiones (Alto x Ancho x Profundo)	mm	1640 x 1390 x 100	1640 x 2080 x 100
Área total	m ²	2.28	3.41
Área de apertura	m ²	2.0	3.0
Nº de tubos de vacío		12	18
Rendimiento óptico	%	65.5	60.3
Coefficiente de pérdidas K _i	W/m ² K	1.232	1.572
Capacidad del absorbedor	l	1.6	2.4
Peso	kg	37	54
Presión de trabajo máximo	bar	10	10
Temperatura de estancamiento máxima	°C	295	295
Pérdida de presión a 15l/hm ² , T _a a 40°C, aprox.	mbar	5	11
Pérdida de presión a 40l/hm ² , T _a a 40°C, aprox.	mbar	13	32
Diámetro de conexión del tubo de entrada y salida	mm	15	15
Material del captador		Al / Cu / vidrio / silicona / PBT / EPDM / TE	
Material de tubo de vacío		Vidrio borosilicato 3.3	
Material de la capa selectiva del absorbedor		Nitrato de aluminio	
Tubo de vidrio (diámetro ext. e int./espesor pared/longitud tubo)	mm	47 / 37 / 1.6 / 1500	
Color (perfil de marco de aluminio)	RAL	7015	
Color partes plásticas		negro	

CURVA DE RENDIMIENTO DE LOS CAPTADORES DE TUBOS DE VACÍO CPC 12 Y 18



Modelo Titanio V-1



Captador solar

Recubrimiento	Óxido de Titanio
Material	Lámina de cobre 0,2 m.m. de espesor
Soldadura	Fuerte , estaño - plata
Construcción	Lámina de cobre termosoldada a la parrilla

características técnicas generales

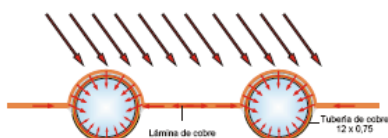
Area Útil	1,88m ²
Posición de Trabajo	Vertical
Laboratorio ensayo	
Curva eficiencia En12975	Factor Ganancia:0,74 Factor Perdida:4,9
Garantía	8 años

Caja

Material	Aluminio anodizado
Dimensiones	2.000 x 1.000 x 88

Aislamiento

Aislamiento fondo	Lana mineral de 40 m.m.
Aislamiento lateral	Lana de roca de 20 m.m.

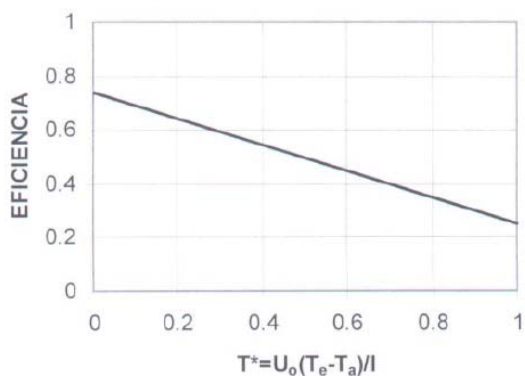


Capacidad	2,4 Litros
Presión max. De trabajo	10 Kg/cm ²
Presión max. De prueba	18 Kg/cm ²
Caudal recomendado	40 a 150 L./m ² h.
Temp. Lim. De Funcionam.	200°C
Conexiones	Unión cónica de 1"

Cubierta de vidrio

Tipo	Solar templado bajo contenido ferroso
Espesor	4 m.m.

CURVA DE RENDIMIENTO INSTANTÁNEO
PROMASOL Mod. Titanio H2/V1



$$REND = 0.74 - 0.49 T^*$$

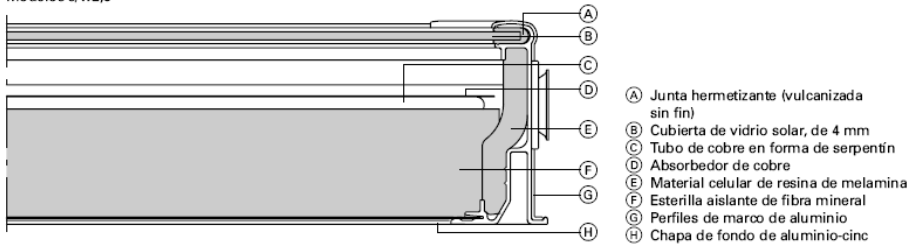
Rendimiento óptico: 0.74
Coeficiente de pérdidas: 4.9 W/m² °C

Datos técnicos

Ver de perfil y precios: véase la Lista de precios



Modelos s/w2,5



Datos técnicos del colector de energía solar Vitosol 100

Modelo		s2,5	w2,5
Superficie bruta	m ²	2,71	2,71
Superficie de absorción	m ²	2,50	2,50
Superficie de abertura	m ²	2,50	2,50
Dimensiones			
Anchura	mm	1138	2385
Altura	mm	2385	1138
Profundidad	mm	102	102
Rendimiento óptico ^{*1}	%	84	84
Coeficiente de pérdida de calor	k_1^{*1}	W/(m ² · K)	3,36
	k_2^{*1}	W/(m ² · K ²)	0,013
Capacidad térmica	kJ/(m ² · K)	6,4	6,4
Peso	kg	60	60
Volumen del fluido (medio portador de calor)	litros	2,2	3,0
Presión máx. de servicio admisible ^{*2}	bar	6	6
Temperatura de inactividad máx. ^{*3}	°C	211	211
Conexión	Ø mm	22	22
Superficie de emplazamiento sobre tejados planos	m ²	—	aprox. 2,15

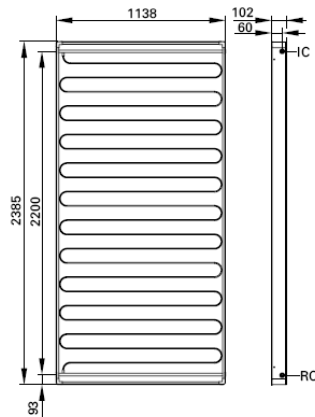
Requisitos para el soporte y los anclajes El tejado debe soportar la carga de las fuerzas eólicas atacantes

^{*1}Referido a la superficie de absorción.

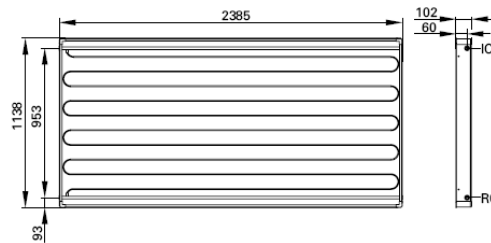
^{*2}En los colectores debe haber, en caso de sistemas cerrados, en estado frío una sobrepresión de al menos 1,5 bar.

^{*3}La temperatura de inactividad es la temperatura en el punto más caliente del colector a una intensidad de irradiación global de 1000 W, cuando no se le extrae ningún calor.

Modelo s2,5



Modelo w2,5



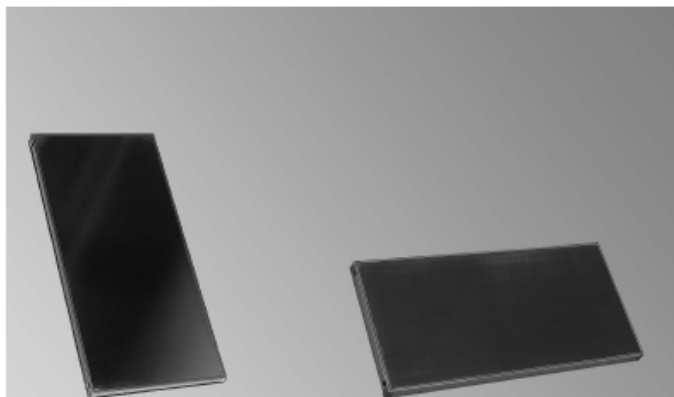
RC Retorno del colector (entrada)
IC Impulsión del colector (salida)

VIEMANN

VITOSOL 300-F
Colectores planos para el aprovechamiento de la energía solar

Datos técnicos

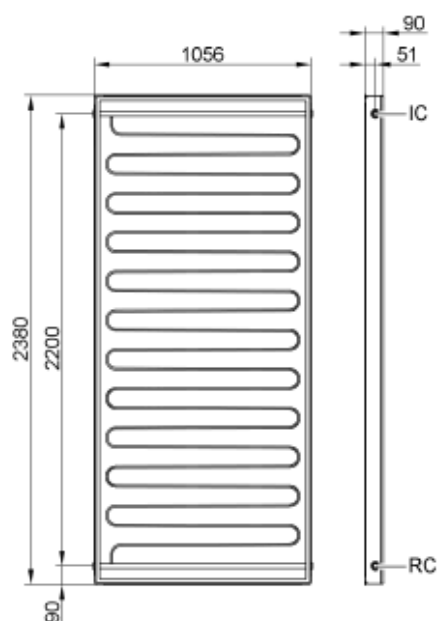
Nº de pedido y precios: véase Lista de precios



Datos técnicos

Datos técnicos

Modelo		SV3	SH3
Superficie bruta*1	m²	2,51	2,51
Superficie de absorción	m²	2,32	2,32
Superficie de apertura*2	m²	2,33	2,33
Dimensiones			
Anchura	mm	1056	2380
Altura	mm	2380	1056
Profundidad	mm	90	90
Rendimiento óptico*3	%	84	84
Coefficiente de pérdida de calor k_p *3	W/(m² · K)	3,86	3,86
Coefficiente de pérdida de calor k_a *3	W/(m² · K²)	0,0139	0,0139
Capacidad térmica	kJ/(m² · K)	6,4	6,4
Peso	kg	52	52
Volumen de fluido (medio portador de calor)	litros	1,83	2,48
Presión de servicio adm.*4	bar	6	6
Temperatura máx. de inactividad*5	°C	221	221
Conexión	Ø en mm	22	22
Requisitos del soporte y de los anclajes		La cubierta debe soportar la fuerza del viento	

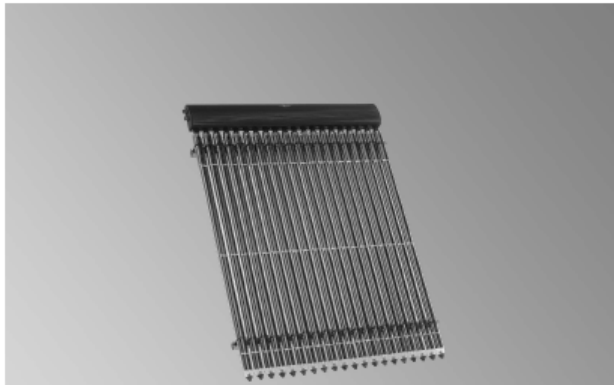


VIESMANN

VITOSOL 300-T
Colector de tubos de vacío según el principio Heatpipe
para el aprovechamiento de la energía solar

Datos técnicos

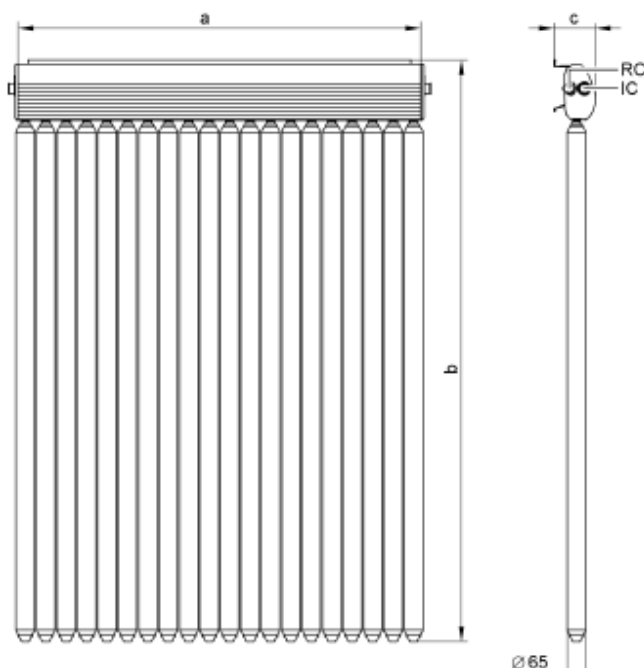
Nº de pedido y precios: véase Lista de precios



Datos técnicos

Datos técnicos

Modelo		SP3, 2 m²	SP3, 3 m²
Número de tubos		20	30
Superficie bruta*1	m²	2,88	4,32
Superficie de absorción	m²	2,05	3,07
Superficie de apertura*2	m²	2,11	3,17
Dimensiones			
Anchura a	mm	1418	2127
Altura b	mm	2031	2031
Profundidad c	mm	143	143
Rendimiento óptico*3	%	81,5	78,4
Coefficiente de pérdida de calor k ₁ *3	W/(m² · K)	1,43	1,36
Coefficiente de pérdida de calor k ₂ *3	W/(m² · K²)	0,0076	0,0045
Capacidad térmica	kJ/(m² · K)	5,4	5,4
Peso	kg	51	76
Volumen de fluido (medio portador de calor)	litros	1,2	1,8
Presión de servicio adm.*4	bar	6	6
Temperatura máx. de inactividad*5	°C	150	150
Conexión	Ø en mm	22	22
Requisitos del soporte y de los anclajes	La cubierta debe soportar la fuerza del viento		



CAPTADOR ISOTHERM PLUS

FORMATO

TIPO	Parrilla
MATERIAL TUBOS DISTRIBUIDORES	Cobre 22 x 1 (UNE-EN 1057 y UNE-EN 12165)
MATERIAL TUBOS SECUNDARIOS	Cobre 8 x 0.5 (UNE-EN 1057 y UNE-EN 12165)
NÚMERO DE TUBOS SECUNDARIOS	10
SEPARACIÓN ENTRE TUBOS SECUNDARIOS	100 mm
SOLDADURA	Soldadura fuerte, estaño-fósforo-plata

BANDA SELECTIVA

MATERIAL	Cobre con recubrimiento de Óxido de Titanio
DIMENSIONES	2205 x 1000 x 0.2 mm
ABSORTIVIDAD	0,95 ± 2%
EMISIVIDAD	0,05 ± 2%

ABSORBEDOR

UNIÓN BANDA - TUBO	Soldadura por ultrasonidos
SUPERFICIE DE ABSORCIÓN	2,205 m ²
CAPACIDAD	1,5 l
PRESIÓN MÁX. DE TRABAJO	8 Kg/cm ²
PRESIÓN DE PRUEBA	16 Kg/cm ²
PESO EN FUNCIONAMIENTO	9,1 Kg
PESO EN VACÍO	7,6 Kg



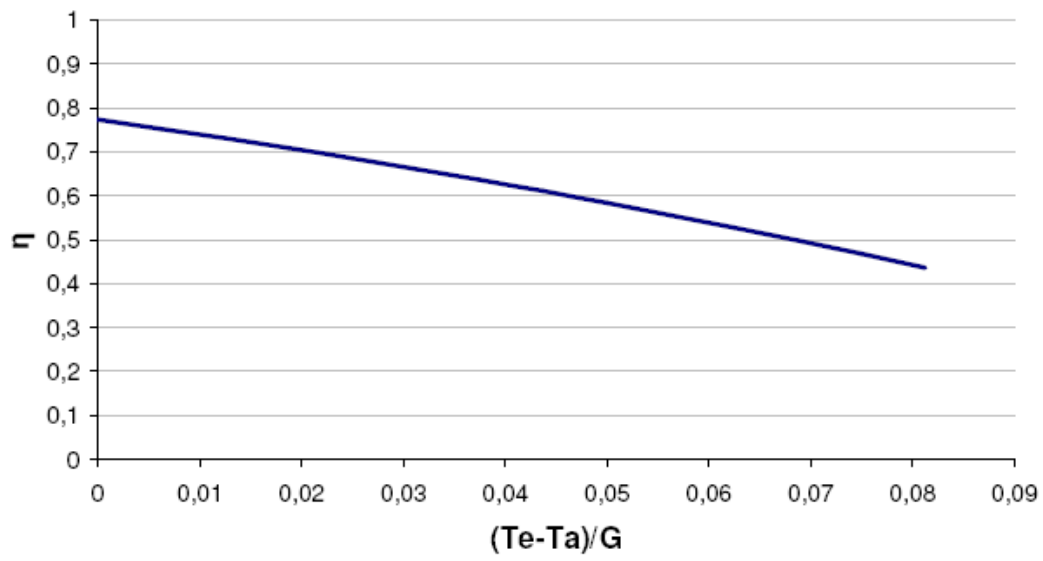
CAJA		CUBIERTA DE VIDRIO	
MATERIAL	Aluminio anodizado	TIPO	Solar templado
DIMENSIONES	2278 x 1075 x 110 mm	ESPESOR	4 mm
SUPERFICIE BRUTA	2,4 m ²	CONTENIDO EN HIERRO	< 0,05 %
PESO		DIMENSIONES	2225 x 1021 mm
PESO EN FUNCIONAMIENTO	49,5 Kg	TRANSMITANCIA	91 %
PESO EN VACÍO	48 Kg	JUNTA DE ESTANQUEIDAD	EPDM
OTROS		AISLAMIENTO	
CURVA DE EFICIENCIA EN 12975	η_0 : 0,773; k_1 : 3,243 W/m ² K k_2 : 0,014 W/m ² K ²	MATERIAL	Lana de roca
POTENCIA TÉRMICA	1,54 kW	ESPESOR LATERAL Y TRASERO	25 mm y 55 mm
GARANTÍA	10 años	CONDUCTIVIDAD	0,036 W/mK
EMBALAJE, Nº CAPTADORES/PALET	Individual, 15 unidades	COMPORTAMIENTO AL AGUA	No higroscópico (BS-2972)



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

CURVA EFICIENCIA





MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

ANEXO VIII: Cálculos de Viabilidad económica para ACS y CALEFACCION:

Cálculos de Viabilidad económica para ACS:

ISOTHERM PLUS 2 colectores								
	Ahorro combustible	Ahorro por em	Gasto mantenim	Cash Flow	Cash flow acumulado	Desembolso Ini	TIR	VAN
1	216,2478164	12,41851932	123,3658939	105,3004418	105,3004418	-3875,6	3581%	-3.523,37 €
2	231,8552344	12,74388452	130,897098	113,7020209	219,0024627	-3875,6	1670%	-3.413,40 €
3	248,5890984	13,0777743	138,8880647	122,778808	341,7812707	-3875,6	1034%	-3.294,65 €
4	266,5307084	13,42041198	147,3668615	132,5842588	474,3655295	-3875,6	717%	-3.166,42 €
5	285,7672317	13,77202678	156,3632694	143,1759891	617,5415186	-3875,6	528%	-3.027,95 €
6	306,3921273	14,13285388	165,9088873	154,6160939	772,1576125	-3875,6	402%	-2.878,41 €
7	328,5055992	14,50313465	176,0372432	166,9714906	939,1291031	-3875,6	313%	-2.716,92 €
8	352,2150835	14,88311678	186,783912	180,3142883	1119,443391	-3875,6	246%	-2.542,53 €
9	377,6357704	15,27305444	198,1866401	194,7221847	1314,165576	-3875,6	195%	-2.354,21 €
10	404,8911638	15,67320847	210,2854786	210,2788937	1524,44447	-3875,6	154%	-2.150,83 €
11	434,1136815	16,08384653	223,1229233	227,0746047	1751,519074	-3875,6	121%	-1.931,22 €
12	465,4452982	16,50524331	236,7440645	245,2064769	1996,725551	-3875,6	94%	-1.694,06 €
13	499,0382354	16,93768068	251,1967451	264,779171	2261,504722	-3875,6	71%	-1.437,98 €
14	535,0557012	17,38144792	266,5317285	285,9054207	2547,410143	-3875,6	52%	-1.161,46 €
15	573,672683	17,83684185	282,8028774	308,7066475	2856,11679	-3875,6	36%	-862,90 €
16	615,0767976	18,30416711	300,0673425	333,3136222	3189,430413	-3875,6	22%	-540,53 €
17	659,4692027	18,78373629	318,3857635	359,8671755	3549,297588	-3875,6	9%	-192,48 €
18	707,0655747	19,27587018	337,8224819	388,5189629	3937,816551	-3875,6	-2%	-183,28 €
19	758,0971558	19,78089797	358,4457563	419,4322864	4357,248837	-3875,6	-11%	588,94 €
20	812,811878	20,2991575	380,3280569	452,7829786	4810,031816	-3875,6	-19%	1.026,85 €
21	871,4755674	20,83099543	403,5462098	488,760353	5298,792169	-3875,6	-27%	1.499,56 €
22	934,3732358	21,37676751	428,1817776	527,5682257	5826,360395	-3875,6	-33%	2.009,80 €
23	1001,810465	21,93683882	454,3212902	569,4260141	6395,786409	-3875,6	-39%	2.560,52 €
24	1074,114894	22,51158399	482,0565598	614,5699178	7010,356327	-3875,6	-45%	3.154,91 €
25	1151,637804	23,10138749	511,4850039	663,2541878	7673,610514	-3875,6	#INUM!	3.796,38 €

Promasol Titano V-1 2 colectores								
	Ahorro combustible	Ahorro por e	Gasto mantenim	Cash Flow	Cash flow ac	Desembolso Ini	TIR	VAN
1	176,8040415	10,1533715	112,7002425	74,2571705	74,2571705	-3540,5	4668%	-3.239,97 €
2	189,564654	10,4193898	119,580333	80,4037108	154,660881	-3540,533333	2189%	-3.162,21 €
3	203,2462478	10,6923778	126,8804373	87,0581884	241,71907	-3540,533333	1365%	-3.078,01 €
4	217,9152938	10,9725181	134,6261961	94,2616158	335,980685	-3540,533333	954%	-2.986,84 €
5	233,6430599	11,2599981	142,8448156	102,058242	438,038928	-3540,533333	708%	-2.888,14 €
6	250,505958	11,55501	151,565163	110,495805	548,534733	-3540,533333	545%	-2.781,27 €
7	268,5859149	11,8577513	160,8178676	119,625799	668,160531	-3540,533333	430%	-2.665,57 €
8	287,9707703	12,1684244	170,6354285	129,503766	797,664298	-3540,533333	344%	-2.540,32 €
9	308,7547035	12,4872371	181,0523288	140,189612	937,853909	-3540,533333	278%	-2.404,74 €
10	331,0386914	12,8144027	192,105157	151,747937	1089,60185	-3540,533333	225%	-2.257,97 €
11	354,9309984	13,15014	203,8327349	164,248404	1253,85025	-3540,533333	182%	-2.099,12 €
12	380,5477031	13,4946737	216,2762545	177,766122	1431,61637	-3540,533333	147%	-1.927,19 €
13	408,0132617	13,8482342	229,4794223	192,382074	1623,99845	-3540,533333	118%	-1.741,13 €
14	437,461113	14,2110579	243,4886132	208,183558	1832,182	-3540,533333	93%	-1.539,78 €
15	469,0343263	14,5833876	258,3530329	225,264681	2057,44668	-3540,533333	72%	-1.321,92 €
16	502,8862973	14,9654724	274,1248912	243,726878	2301,17356	-3540,533333	54%	-1.086,19 €
17	539,1814922	15,3575677	290,8595852	263,679475	2564,85304	-3540,533333	38%	-831,17 €
18	578,0962478	15,759936	308,6158938	285,24029	2850,09333	-3540,533333	24%	-555,30 €
19	619,8196276	16,1728463	327,4561842	308,53629	3158,62962	-3540,533333	12%	-256,90 €
20	664,5543407	16,5965749	347,446631	333,704285	3492,3339	-3540,533333	1%	65,85 €
21	712,5177262	17,0314052	368,6574485	360,891683	3853,22559	-3540,533333	-8%	414,88 €
22	763,9428095	17,477628	391,1631377	390,2573	4243,48288	-3540,533333	-17%	792,32 €
23	819,0794345	17,9355419	415,0427474	421,972229	4665,45511	-3540,533333	-24%	1.200,44 €
24	878,1954771	18,4054531	440,3801524	456,220778	5121,67589	-3540,533333	-31%	1.641,68 €
25	941,5781467	18,8876759	467,2643476	493,201475	5614,87737	-3540,533333	-37%	2.118,68 €



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial

Especialidad Mecánica

Mario Pérez Basa

Promasol Titanio V-1 3 colectores								
	Ahorro combustible	Ahorro por e	Gasto mantenim	Cash Flow	Cash flow ac	Desembolso	TIR	VAN
1	212,13556	12,1823637	150,460808	73,8571153	73,8571153	-4726,8	6300%	-4.349,99 €
2	227,446181	12,5015416	159,6460942	80,301628	154,158743	-4726,8	2966%	-4.272,32 €
3	243,861827	12,829082	169,392121	87,2987877	241,457531	-4726,8	1858%	-4.187,89 €
4	261,462252	13,165204	179,7331203	94,8943353	336,351866	-4726,8	1305%	-4.096,11 €
5	280,332965	13,5101323	190,7054139	103,137684	439,48955	-4726,8	976%	-3.996,36 €
6	300,56565	13,8640978	202,3475407	112,082207	551,571757	-4726,8	757%	-3.887,96 €
7	322,258603	14,2273371	214,7003926	121,785547	673,357304	-4726,8	602%	-3.770,17 €
8	345,517218	14,6000934	227,8073576	132,309953	805,667257	-4726,8	487%	-3.642,21 €
9	370,454494	14,9826158	241,7144728	143,722637	949,389895	-4726,8	398%	-3.503,21 €
10	397,191588	15,3751603	256,4705853	156,096163	1105,48606	-4726,8	328%	-3.352,24 €
11	425,858399	15,7779895	272,1275245	169,508864	1274,99492	-4726,8	271%	-3.188,30 €
12	456,5942	16,1913729	288,7402839	184,045289	1459,04021	-4726,8	224%	-3.010,30 €
13	489,548321	16,6155868	306,367214	199,796693	1658,8369	-4726,8	185%	-2.817,06 €
14	524,880864	17,0509152	325,0702277	216,861551	1875,69846	-4726,8	152%	-2.607,32 €
15	562,763489	17,4976492	344,9150173	235,346121	2111,04458	-4726,8	124%	-2.379,70 €
16	603,380246	17,9560876	365,9712856	255,365048	2366,40963	-4726,8	100%	-2.132,73 €
17	646,928467	18,4265371	388,3129907	277,042014	2643,45164	-4726,8	79%	-1.864,78 €
18	693,619727	18,9093124	412,0186055	300,510434	2943,96207	-4726,8	61%	-1.574,14 €
19	743,680871	19,4047363	437,1713936	325,914214	3269,87629	-4726,8	45%	-1.258,93 €
20	797,355116	19,9131404	463,8597015	353,408554	3623,28484	-4726,8	30%	-917,13 €
21	854,903232	20,4348647	492,1772692	383,160828	4006,44567	-4726,8	18%	-546,55 €
22	916,604813	20,9702582	522,2235593	415,351512	4421,79718	-4726,8	7%	-144,84 €
23	982,759629	21,5196789	554,1041063	450,175201	4871,97238	-4726,8	-3%	290,55 €
24	1053,68909	22,0834945	587,9308873	487,841694	5359,81408	-4726,8	-12%	762,37 €
25	1129,73779	22,6620821	623,8227155	528,577156	5888,39123	-4726,8	-20%	1.273,58 €

Promasol Titano V-1 4 colectores								
	Ahorro combustible	Ahorro por e	Gasto mantenim	Cash Flow	Cash flow ac	Desembolso Ini	TIR	VAN
1	229,509875	13,180123	188,2213735	54,4686245	54,4686245	-5913,1	10756%	-5.478,36 €
2	246,0744657	13,5254422	199,7118554	59,8880525	114,356677	-5913,066667	5071%	-5.420,44 €
3	263,8345851	13,8798088	211,9038048	65,8105891	180,167266	-5913,066667	3182%	-5.356,79 €
4	282,8765191	14,2434598	224,8400446	72,2799343	252,4472	-5913,066667	2242%	-5.286,89 €
5	303,2927811	14,6166384	238,5660121	79,3434075	331,790608	-5913,066667	1682%	-5.210,15 €
6	325,1825615	14,9995944	253,1299183	87,0522376	418,842845	-5913,066667	1312%	-5.125,96 €
7	348,6522096	15,3925837	268,5829175	95,4618759	514,304721	-5913,066667	1050%	-5.033,63 €
8	373,8157505	15,7958694	284,9792868	104,632333	618,937054	-5913,066667	855%	-4.932,43 €
9	400,7954388	16,2097212	302,3766167	114,628543	733,565598	-5913,066667	706%	-4.821,57 €
10	429,7223526	16,6344159	320,8360135	125,520755	859,086353	-5913,066667	588%	-4.700,17 €
11	460,7370306	17,0702376	340,4223141	137,384954	996,471307	-5913,066667	493%	-4.567,30 €
12	493,9901544	17,5174778	361,2043133	150,303319	1146,77463	-5913,066667	416%	-4.421,93 €
13	529,6432813	17,9764357	383,2550057	164,364711	1311,13934	-5913,066667	351%	-4.262,96 €
14	567,8696283	18,4474184	406,6518422	179,665205	1490,80454	-5913,066667	297%	-4.089,20 €
15	608,8549146	18,9307407	431,4770017	196,308654	1687,1132	-5913,066667	250%	-3.899,34 €
16	652,7982631	19,4267261	457,81768	214,407309	1901,5205	-5913,066667	211%	-3.691,97 €
17	699,9131683	19,9357064	485,7663962	234,082478	2135,60298	-5913,066667	177%	-3.465,58 €
18	750,4285333	20,4580219	515,4213173	255,465238	2391,06822	-5913,066667	147%	-3.218,50 €
19	804,5897822	20,994022	546,886603	278,697201	2669,76542	-5913,066667	121%	-2.948,96 €
20	862,660052	21,5440654	580,2727721	303,931345	2973,69677	-5913,066667	99%	-2.655,01 €
21	924,9214715	22,1085199	615,6970899	331,332902	3305,02967	-5913,066667	79%	-2.334,56 €
22	991,6765319	22,6877631	653,2839809	361,080314	3666,10998	-5913,066667	61%	-1.985,34 €
23	1063,249556	23,2821825	693,1654652	393,366273	4059,47626	-5913,066667	46%	-1.604,89 €
24	1139,988274	23,8921757	735,4816222	428,398828	4487,87508	-5913,066667	32%	-1.190,56 €
25	1222,265514	24,5181507	780,3810834	466,402582	4954,27767	-5913,066667	19%	-739,48 €



MEMORIA

	Vitosol 300F 2 colectores							
	Ahorro combustible	Ahorro por e	Gasto mantenimie	Cash Flow	Cash flow ac	Desembolso	TIR	VAN
1	225,558292	12,9531944	196,2280395	42,283447	42,283447	-6164,6	14479%	-5.725,43 €
2	241,837682	13,2925681	208,2073099	46,9229404	89,2063874	-6164,6	6810%	-5.680,05 €
3	259,292017	13,6408334	220,9178872	52,0149632	141,221351	-6164,6	4265%	-5.629,74 €
4	278,006097	13,9982232	234,404416	57,599904	198,821255	-6164,6	3001%	-5.574,03 €
5	298,070842	14,3649767	248,7142664	63,7215524	262,542807	-6164,6	2248%	-5.512,40 €
6	319,583735	14,7413391	263,8977002	70,4273744	332,970181	-6164,6	1751%	-5.444,29 €
7	342,649295	15,1275621	280,0080477	77,7688097	410,738991	-6164,6	1401%	-5.369,08 €
8	367,379583	15,5239043	297,1018949	85,8015927	496,540584	-6164,6	1142%	-5.286,09 €
9	393,894749	15,9306306	315,2392821	94,5860976	591,126681	-6164,6	943%	-5.194,61 €
10	422,323614	16,3480131	334,4839151	104,187712	695,314394	-6164,6	787%	-5.093,85 €
11	452,804297	16,776331	354,9033887	114,67724	809,991633	-6164,6	661%	-4.982,94 €
12	485,484886	17,2158709	376,5694242	126,131333	936,122966	-6164,6	559%	-4.860,95 €
13	520,524156	17,6669267	399,5581212	138,632961	1074,75593	-6164,6	474%	-4.726,87 €
14	558,092341	18,1298002	423,9502254	152,271916	1227,02784	-6164,6	402%	-4.579,60 €
15	598,371964	18,604801	449,8314114	167,145354	1394,1732	-6164,6	342%	-4.417,94 €
16	641,558719	19,0922468	477,2925843	183,358381	1577,53158	-6164,6	291%	-4.240,60 €
17	687,862423	19,5924636	506,4301986	201,024689	1778,55627	-6164,6	247%	-4.046,18 €
18	737,508041	20,1057862	537,3465972	220,26723	1998,8235	-6164,6	208%	-3.833,15 €
19	790,736769	20,6325578	570,1503709	241,218956	2240,04245	-6164,6	175%	-3.599,85 €
20	847,807215	21,1731308	604,9567394	264,023606	2504,06606	-6164,6	146%	-3.344,50 €
21	908,99665	21,7278668	641,8879567	288,83656	2792,90262	-6164,6	121%	-3.065,15 €
22	974,602356	22,2971369	681,0737399	315,825753	3108,72837	-6164,6	98%	-2.759,70 €
23	1044,94307	22,8813219	722,651725	345,172669	3453,90104	-6164,6	78%	-2.425,86 €
24	1120,36054	23,4808125	766,7679504	377,073405	3830,97445	-6164,6	61%	-2.061,17 €
25	1201,22118	24,0960098	813,5773699	411,739815	4242,71426	-6164,6	45%	-1.662,95 €

	Ibersolar OPS-V210 2 colectores							
	Ahorro combustible	Ahorro por e	Gasto mante	Cash Flow	Cash flow ac	Desembolso In	TIR	VAN
1	197,64554	11,3502416	127,792585	81,20319665	81,2031966	-4014,7	4844%	-3.676,76 €
2	211,910362	11,6476179	135,594028	87,96395141	169,167148	-4014,666667	2273%	-3.591,68 €
3	227,204729	11,9527855	143,871732	95,28578309	264,452931	-4014,666667	1418%	-3.499,52 €
4	243,602949	12,2659485	152,65477	103,2141274	367,667059	-4014,666667	992%	-3.399,70 €
5	261,18469	12,5873163	161,973993	111,7980135	479,465072	-4014,666667	737%	-3.291,57 €
6	280,035371	12,917104	171,862132	121,0903427	600,555415	-4014,666667	568%	-3.174,46 €
7	300,246577	13,2555321	182,35392	131,1481886	731,703603	-4014,666667	449%	-3.047,62 €
8	321,916501	13,6028271	193,486207	142,0331206	873,736724	-4014,666667	359%	-2.910,25 €
9	345,150425	13,9592212	205,298095	153,811551	1027,54827	-4014,666667	291%	-2.761,49 €
10	370,061229	14,3249527	217,831072	166,5551101	1194,10339	-4014,666667	236%	-2.600,41 €
11	396,769939	14,7002665	231,129158	180,3410484	1374,44443	-4014,666667	192%	-2.425,99 €
12	425,406318	15,0854135	245,239061	195,2526704	1569,6971	-4014,666667	156%	-2.237,15 €
13	456,109491	15,4806513	260,210341	211,3798012	1781,07691	-4014,666667	125%	-2.032,71 €
14	489,028628	15,8862444	276,095584	228,8192885	2009,89619	-4014,666667	100%	-1.811,41 €
15	524,323663	16,302464	292,950584	247,6755426	2257,57174	-4014,666667	78%	-1.571,86 €
16	562,166073	16,7295885	310,834544	268,0611181	2525,63285	-4014,666667	59%	-1.312,61 €
17	602,739713	17,1679038	329,810278	290,0973388	2815,73019	-4014,666667	43%	-1.032,04 €
18	646,241704	17,6177028	349,944436	313,9149704	3129,64516	-4014,666667	28%	-728,43 €
19	692,883398	18,0792867	371,307739	339,6549451	3469,30011	-4014,666667	16%	-399,93 €
20	742,891398	18,552964	393,975222	367,4691391	3836,76925	-4014,666667	5%	-44,53 €
21	796,508663	19,0390516	418,026504	397,5212112	4234,29046	-4014,666667	-5%	339,93 €
22	853,995688	19,5378748	443,54606	429,987503	4664,27796	-4014,666667	-14%	755,80 €
23	915,631768	20,0497671	470,623527	465,0580085	5129,33597	-4014,666667	-22%	1.205,58 €
24	981,716355	20,575071	499,35401	502,9374162	5632,27339	-4014,666667	-29%	1.692,00 €
25	1052,57052	21,1141379	529,838424	543,8462301	6176,11962	-4014,666667	-35%	2.217,99 €



MEMORIA

Ibersolar OPS-V210 2 colectores								
	Ahorro combustible	Ahorro por e	Gasto mante	Cash Flow	Cash flow ac	Desembolso Ir	TIR	VAN
1	232,122522	13,3301601	173,099322	72,35336019	72,3533602	-5438,0	7416%	-5.016,69 €
2	248,875677	13,6794103	183,666637	78,88845017	151,24181	-5438	3496%	-4.940,39 €
3	266,83797	14,0378109	194,879063	85,99671841	237,238529	-5438	2192%	-4.857,22 €
4	286,09667	14,4056015	206,775981	93,72629021	330,964819	-5438	1543%	-4.766,57 €
5	306,745342	14,7830283	219,399179	102,1291914	433,09401	-5438	1156%	-4.667,80 €
6	328,884307	15,1703436	232,792994	111,2616562	544,355667	-5438	899%	-4.560,19 €
7	352,621124	15,5678066	247,004471	121,1844595	665,540126	-5438	717%	-4.442,99 €
8	378,071117	15,9756832	262,083526	131,9632737	797,5034	-5438	582%	-4.315,36 €
9	405,357931	16,3942461	278,083122	143,6690542	941,172454	-5438	478%	-4.176,41 €
10	434,614137	16,8237753	295,059457	156,3784545	1097,55091	-5438	395%	-4.025,16 €
11	465,981873	17,2645582	313,072158	170,1742727	1267,72518	-5438	329%	-3.860,58 €
12	499,613537	17,7168896	332,184493	185,1459329	1452,87111	-5438	274%	-3.681,51 €
13	535,672524	18,1810722	352,463593	201,3900038	1654,26112	-5438	229%	-3.486,74 €
14	574,334024	18,6574162	373,980684	219,0107565	1873,27187	-5438	190%	-3.274,92 €
15	615,785871	19,1462405	396,811345	238,1207664	2111,39264	-5438	158%	-3.044,62 €
16	660,229452	19,6478721	421,035764	258,8415598	2370,2342	-5438	129%	-2.794,28 €
17	707,880694	20,1626463	446,739029	281,3043112	2651,53851	-5438	105%	-2.522,21 €
18	758,971150	20,6909076	474,011419	305,6505938	2957,18911	-5438	84%	-2.226,60 €
19	813,748904	21,2330094	502,948726	332,0331872	3289,22229	-5438	65%	-1.905,47 €
20	872,480222	21,7893143	533,652589	360,6169474	3649,83924	-5438	49%	-1.556,70 €
21	935,4504	22,3601943	566,230852	391,5797427	4041,41898	-5438	35%	-1.177,98 €
22	1002,96537	22,9460314	600,797943	425,1134615	4466,53244	-5438	22%	-766,83 €
23	1075,35315	23,5472174	637,475275	461,4250973	4927,95754	-5438	10%	-320,56 €
24	1152,96544	24,1641545	676,391674	500,7379158	5428,69546	-5438	0%	163,73 €
25	1236,17929	24,7972554	717,68383	543,2927116	5971,98817	-5438	-9%	689,18 €

Vitosol 100 s2,5 2 colectores								
	Ahorro combustible	Ahorro por e	Gasto mante	Cash Flow	Cash flow ac	Desembolso	TIR	VAN
1	237,6017999	13,6448201	215,435125	35,81149501	35,811495	-6768	18799%	-6.296,11 €
2	254,7504152	14,0023143	228,586944	40,16578578	75,9772808	-6768	8808%	-6.257,26 €
3	273,1367105	14,369175	242,541651	44,96423467	120,941515	-6768	5496%	-6.213,77 €
4	292,8500139	14,7456474	257,348261	50,24740061	171,188916	-6768	3854%	-6.165,17 €
5	313,9861005	15,1319833	273,05878	56,05930388	227,24822	-6768	2878%	-6.110,96 €
6	336,647658	15,5284413	289,72839	62,44770893	289,695929	-6768	2236%	-6.050,56 €
7	360,9447852	15,9352864	307,415642	69,46442963	359,160359	-6768	1784%	-5.983,38 €
8	386,9955275	16,352791	326,18266	77,16565867	436,326017	-6768	1451%	-5.908,75 €
9	414,9264498	16,7812341	346,095361	85,61232308	521,93834	-6768	1197%	-5.825,94 €
10	444,8732519	17,2209024	367,223686	94,8704678	616,808808	-6768	997%	-5.734,19 €
11	476,9814272	17,67209	389,641848	105,0116695	721,820478	-6768	838%	-5.632,63 €
12	511,4069702	18,1350988	413,428586	116,1134828	837,93396	-6768	708%	-5.520,33 €
13	548,3171341	18,6102384	438,66745	128,2599222	966,193882	-6768	600%	-5.396,28 €
14	587,8912434	19,0978266	465,447089	141,5419809	1107,73586	-6768	511%	-5.259,39 €
15	630,3215649	19,5981897	493,861563	156,0581914	1263,79405	-6768	436%	-5.108,45 €
16	675,8142422	20,1116623	524,010676	171,915229	1435,70928	-6768	371%	-4.942,18 €
17	724,5902972	20,6385878	556,000322	189,2285632	1624,93785	-6768	317%	-4.759,17 €
18	776,8867034	21,1793188	589,942862	208,1231597	1833,06101	-6768	269%	-4.557,88 €
19	832,9575379	21,734217	625,957517	228,7342377	2061,79524	-6768	228%	-4.336,66 €
20	893,0752153	22,3036535	664,170784	251,2080852	2313,00333	-6768	193%	-4.093,70 €
21	957,5318115	22,8880092	704,716882	275,7029387	2588,70627	-6768	161%	-3.827,06 €
22	1026,640483	23,487675	747,738227	302,3899311	2891,0962	-6768	134%	-3.534,60 €
23	1100,736986	24,1030521	793,385925	331,4541134	3222,55031	-6768	110%	-3.214,03 €
24	1180,181314	24,7345521	841,820311	363,0955548	3585,64587	-6768	89%	-2.862,86 €
25	1265,359436	25,3825973	893,211504	397,5305295	3983,1764	-6768	70%	-2.478,38 €



MEMORIA

Ibersolar CPC-12 2 colectores								
	Ahorro combustible	Ahorro por e	Gasto manten	Cash Flow	Cash flow ac	Desembolso Ini	TIR	VAN
1	215,4289325	12,3714931	202,0659239	25,7345016	25,7345016	-6348	24567%	-5.912,99 €
2	230,9772485	12,6956262	214,4015837	29,271291	55,0057926	-6348	11441%	-5.884,68 €
3	247,647745	13,0282516	227,4903072	33,1856894	88,191482	-6348	7098%	-5.852,58 €
4	265,5214139	13,3695918	241,3780671	37,5129386	125,704421	-6348	4950%	-5.816,30 €
5	284,6850927	13,7198751	256,1136429	42,2913249	167,995745	-6348	3679%	-5.775,40 €
6	305,2318863	14,0793358	271,7487916	47,5624305	215,558176	-6348	2845%	-5.729,40 €
7	327,2616192	14,4482144	288,3384302	53,3714034	268,929579	-6348	2260%	-5.677,78 €
8	350,8813208	14,8267576	305,9408281	59,7672503	328,69683	-6348	1831%	-5.619,97 €
9	376,205745	15,2152187	324,6178119	66,8031518	395,499982	-6348	1505%	-5.555,37 €
10	403,3579282	15,6138574	344,4349825	74,536803	470,036785	-6348	1251%	-5.483,28 €
11	432,4697865	16,0229405	365,4619459	83,0307811	553,067566	-6348	1048%	-5.402,97 €
12	463,682757	16,4427415	387,7725569	92,3529416	645,420507	-6348	884%	-5.313,65 €
13	497,1484851	16,8735413	411,4451795	102,576847	747,997354	-6348	749%	-5.214,44 €
14	533,0295605	17,3156281	436,5629612	113,782227	861,779581	-6348	637%	-5.104,40 €
15	571,5003081	17,7692976	463,2141257	126,05548	987,835061	-6348	543%	-4.982,48 €
16	612,7476342	18,2348532	491,4922825	139,490205	1127,32527	-6348	463%	-4.847,58 €
17	656,9719348	18,7126063	521,4967558	154,187785	1281,51305	-6348	395%	-4.698,45 €
18	704,3880696	19,2028766	553,3329331	170,258013	1451,77106	-6348	337%	-4.533,79 €
19	755,2264051	19,705992	587,1126357	187,819761	1639,59083	-6348	287%	-4.352,13 €
20	809,7339344	20,222289	622,9545116	207,001712	1846,59254	-6348	244%	-4.151,93 €
21	868,175477	20,7521129	660,9844514	227,943139	2074,53568	-6348	206%	-3.931,47 €
22	930,8349655	21,2958183	701,3360317	250,794752	2325,33043	-6348	173%	-3.688,92 €
23	998,0168249	21,8537687	744,150983	275,719611	2601,05004	-6348	144%	-3.422,25 €
24	1070,047452	22,4263375	789,5796887	302,8941	2903,94414	-6348	119%	-3.129,31 €
25	1147,2768	23,0139075	837,7817124	332,508995	3236,45313	-6348	96%	-2.807,72 €



MEMORIA

Cálculos de Viabilidad económica para ACS y calefacción:

ISOTHERM PLUS		3colectores		4colectores		5colectores		6colectores		7colectores		8colectores		9colectores		10colectores	
TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN
1	38,3755123	-5.284,64	41,3848094	-7.059,68	3621%	-7.211,02	3867%	-8.668,53	4528%	-10.151,96	5189%	-11.635,38	5850%	-13.118,80	6511%	-14.602,22	7172%
2	17,9228738	-5.130,61	19,3608322	-6.868,73	1687%	-6.987,93	1804%	-8.417,20	2121%	-9.900,62	2439%	-11.384,04	2756%	-12.867,46	3073%	-14.350,89	3390%
3	11,118952	-4.964,12	12,0345884	-6.662,20	1043%	-6.746,44	1118%	-8.144,93	1321%	-9.628,35	1524%	-11.111,77	1727%	-12.595,19	1930%	-14.078,61	2133%
4	7,7227927	-4.784,17	8,38276397	-6.438,79	723%	-6.485,03	776%	-7.849,98	922%	-9.333,40	1068%	-10.816,82	1214%	-12.300,24	1360%	-13.783,67	1507%
5	5,70004531	-4.589,68	6,20088284	-6.197,14	531%	-6.202,07	572%	-7.530,49	684%	-9.013,91	796%	-10.497,33	908%	-11.980,75	1020%	-13.464,17	1132%
6	4,35001215	-4.379,46	4,75344193	-5.935,78	404%	-5.895,80	436%	-7.184,43	526%	-8.667,85	615%	-10.151,27	704%	-11.634,70	794%	-13.118,12	883%
7	3,40148361	-4.152,25	3,72607357	-5.653,08	314%	-5.564,31	340%	-6.809,62	413%	-8.293,04	487%	-9.776,47	560%	-11.259,89	634%	-12.743,31	707%
8	2,69061781	-3.906,69	2,96108615	-5.347,34	247%	-5.205,55	269%	-6.403,70	330%	-7.887,12	391%	-9.370,54	453%	-10.853,97	514%	-12.337,39	576%
9	2,14215826	-3.641,29	2,37097759	-5.016,69	195%	-4.817,29	213%	-5.964,12	266%	-7.447,54	318%	-8.930,96	370%	-10.414,38	422%	-11.897,81	474%
10	1,70734584	-3.354,48	1,90324086	-4.659,11	154%	-4.397,14	170%	-5.488,12	215%	-6.971,55	260%	-8.454,97	305%	-9.938,39	349%	-11.421,81	393%
11	1,35514748	-3.044,52	1,52445737	-4.272,42	121%	-3.942,52	134%	-4.972,74	173%	-6.456,16	212%	-7.939,58	251%	-9.423,00	290%	-10.906,43	329%
12	1,06487052	-2.709,57	1,21234367	-3.854,30	93%	-3.450,61	105%	-4.414,76	139%	-5.898,18	174%	-7.381,60	208%	-8.865,02	242%	-10.348,44	279%
13	0,8221858	-2.347,64	0,95146897	-3.402,20	70%	-3.180,71	81%	-4.180,71	111%	-5.294,13	141%	-6.777,55	171%	-8.260,97	201%	-9.744,40	230%
14	0,6168519	-1.956,56	0,73080793	-2.913,41	51%	-2.342,68	60%	-3.156,85	87%	-4.640,28	114%	-6.123,70	140%	-7.607,12	167%	-9.090,54	194%
15	0,4413681	-1.534,01	0,54227245	-2.384,97	35%	-1.719,88	43%	-2.449,15	66%	-3.932,57	90%	-5.415,99	114%	-6.899,41	138%	-8.382,84	162%
16	0,29008929	-1.077,49	0,37979396	-1.813,70	20%	-1.046,23	28%	-1.683,24	49%	-3.166,66	70%	-4.650,08	91%	-6.133,50	113%	-7.616,93	135%
17	0,15870749	-584,30	0,23872965	-1.196,20	8%	-317,65	14%	-854,42	33%	-2.337,84	53%	-3.821,26	72%	-5.304,68	91%	-6.788,10	110%
18	0,0438678	-51,52	0,11546662	-528,76	-3%	470,28	3%	42,40	20%	-1.441,03	37%	-2.924,45	54%	-4.407,87	72%	-5.891,29	90%
19	-0,05707986	523,99	0,00715102	192,60	-1%	1.012,68	-7%	1.012,68	8%	-470,74	24%	-1.954,16	39%	-3.437,59	55%	-4.921,01	71%
20	-0,14625677	1.145,61	-0,08850153	972,18	-21%	2.243,60	-16%	2.062,34	-2%	578,92	12%	904,50	26%	-2.387,92	40%	-3.871,35	54%
21	-0,22531871	1.816,99	-0,1734135	1.814,61	-28%	3.239,65	-24%	3.197,76	-11%	1.714,34	1%	-1.252,51	14%	-2.725,93	27%	-4.197,36	40%
22	-0,29585974	2.542,07	-0,24888323	2.724,87	-35%	4.316,45	-31%	4.425,81	-19%	2.942,39	-8%	1.458,97	4%	-24,45	15%	-1.507,88	28%
23	-0,35855231	3.325,08	-0,31617921	3.708,36	-41%	5.480,43	-37%	5.753,92	-27%	4.270,49	-16%	2.787,07	-6%	1.303,65	5%	-179,77	29%
24	-0,41533704	4.170,59	-0,37687318	4.770,87	-47%	6.738,54	-43%	7.190,08	-33%	5.706,65	-24%	4.223,23	-14%	2.739,81	-5%	1.256,39	29%
25	#NUM!	5.083,54	-0,4312424	5.918,66	-43%	8.098,25	-39%	8.742,92	-28%	7.259,50	-30%	5.776,08	-22%	4.292,66	-13%	2.809,23	29%

Promosal V-1		3colectores		4colectores		5colectores		6colectores		7colectores		8colectores		9colectores		10colectores	
TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN
1	4120%	-5.074,57	4689%	-6.639,46	4295%	-6.701,87	4773%	-7.988,97	5549%	-9.287,80	6324%	-10.586,62	7100%	-11.885,45	7875%	-13.184,27	8650%
2	1927%	-4.936,71	2199%	-6.480,76	2008%	-6.526,72	2236%	-7.800,83	2670%	-9.099,66	2979%	-10.398,48	3351%	-11.697,30	3722%	-12.996,13	4093%
3	1198%	-4.787,59	1371%	-6.308,86	1248%	-6.336,74	1392%	-7.596,45	1629%	-8.895,27	1867%	-10.194,10	2104%	-11.492,92	2341%	-12.791,75	2578%
4	834%	-4.626,30	958%	-6.122,67	869%	-6.130,66	971%	-7.374,44	1142%	-8.673,27	1312%	-9.972,09	1483%	-11.270,92	1653%	-12.569,74	1824%
5	617%	-4.451,85	711%	-5.921,01	642%	-5.907,16	720%	-7.133,33	851%	-8.432,16	981%	-9.730,98	1112%	-11.029,81	1242%	-12.328,63	1373%
6	473%	-4.263,17	548%	-5.702,60	492%	-5.664,78	554%	-6.871,50	658%	-8.170,32	762%	-9.469,15	866%	-10.767,97	970%	-12.066,80	1074%
7	371%	-4.059,11	432%	-5.466,07	386%	-5.401,95	436%	-6.587,20	521%	-7.886,02	606%	-9.184,85	692%	-10.483,67	777%	-11.782,50	862%
8	294%	-3.838,42	345%	-5.209,94	306%	-5.116,97	348%	-6.278,55	419%	-7.577,37	491%	-8.876,20	562%	-10.175,02	633%	-11.473,85	704%
9	236%	-3.599,75	279%	-4.932,60	245%	-4.808,01	280%	-5.943,51	341%	-7.242,34	401%	-8.541,16	462%	-9.839,98	523%	-11.138,81	584%
10	189%	-3.341,66	226%	-4.632,32	197%	-4.473,08	227%	-5.579,88	279%	-6.878,70	331%	-8.177,53	383%	-9.476,35	435%	-10.775,18	487%
11	151%	-3.062,58	183%	-4.307,21	158%	-4.110,05	183%	-5.185,27	229%	-6.484,09	274%	-7.782,92	319%	-9.081,74	364%	-10.380,56	405%
12	120%	-2.760,81	148%	-3.955,28	126%	-3.716,59	148%	-4.757,10	187%	-6.055,93	227%	-7.354,75	266%	-8.653,57	306%	-9.952,40	345%
13	94%	-2.434,54	118%	-3.574,32	99%	-3.290,22	118%	-4.292,60	153%	-5.591,42	188%	-6.890,25	222%	-8.189,07	257%	-9.487,90	292%
14	72%	-2.081,80	94%	-3.161,99	76%	-2.828,23	93%	-3.788,75	124%	-5.087,57	154%	-6.386,39	185%	-7.685,22	216%	-8.984,04	247%
15	54%	-1.700,46	72%	-2.715,75	56%	-2.327,71	72%	-3.242,30	99%	-4.541,12	126%	-5.839,95	153%	-7.138,77	181%	-8.437,59	206%
16	37%	-1.288,23	54%	-2.232,84	40%	-1.785,51	53%	-2.649,74	77%	-3.948,56	102%	-5.247,39	126%	-6.546,21	151%	-7.845,03	176%
17	23%	-842,66	38%	-1.710,32	25%	-1.198,22	37%	-2.007,27	59%	-3.306,10	81%	-4.604,92	103%	-5.903,74	124%	-7.202,57	149%
18	11%	-361,06	24%	-1.144,98	13%	-562,19	23%	-1.310,80	43%	-2.609,63	62%	-3.908,45	82%	-5.207,28	102%	-6.506,10	127%
19	0%	159,42	12%	-533,38	2%	126,55	11%	-555,91	29%	-1.854,73	46%	-3.153,56	64%	-4.452,38	82%	-5.751,21	100%
20	-9%	721,90	1%	128,21	-8%	872,28	0%	262,19	16%	-1.036,63	32%	-2.335,46	48%	-3.634,28	64%	-4.933,11	80%
21	-18%	1.329,69	-8%	843,79	-17%	1.679,61	-9%	1.148,66	5%	-150,17	19%	-1.448,99	34%	-2.747,82	48%	-4.046,64	62%
22	-25%	1.986,41	-17%	1.617,69	-25%	2.553,51	-18%	2.109,06	-5%	810,24	8%	-488,59	21%	-1.787,41	34%	-3.086,24	50%
23	-32%	2.695,94	-24%	2.454,58	-32%	3.499,36	-25%	3.149,41	-1%	1.850,59	-2%	551,76	10%	-747,06	22%	-2.045,89	40%
24	-38%	3.462,46	-31%	3.359,50	-38%	4.522,96	-32%	4.276,20	-21%	2.977,37	-11%	1.678,55	0%	379,73	11%	-919,10	30%
25	-43%	4.290,47	-37%	4.337,86	-43%	5.630,56	-38%	5.496,43	-28%	4.197,60	-19%	2.898,78	-9%	1.599,96	1%	301,13	29%

Promosal V-1		3colectores		4colectores		5colectores		6colectores		7colectores		8colectores		9colectores		10colectores	
TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN
1	4120%	-5.074,57	4689%	-6.639,46	4295%	-6.701,87	4773%	-7.988,97	5549%	-9.287,80	6324%	-10.586,62	7100%	-11.885,45	7875%	-13.184,27	8650%
2	1927%	-4.936,71	2199%	-6.480,76	2008%	-6.526,72	2236%	-7.800,83	2670%	-9.099,66	2979%	-10.398,48	3351%	-11.697,30	3722%	-12.996,13	4093%
3	1198%	-4.787,59	1371%	-6.308,86	1248%	-6.336,74	1392%	-7.596,45	1629%	-8.895,27	1867%	-10.194,10	2104%	-11.492,92	2341%	-12.791,75	2578%
4	834%	-4.626,30	958%	-6.122,67	869%	-6.130,66	971%	-7.374,44	1142%	-8.673,27	1312%	-9.972,09	1483%	-11.270,92	1653%	-12.569,74	1824%
5	617%	-4.451,85	711%	-5.921,01	642%	-5.907,16	720%	-7.133,33	851%	-8.432,16	981%	-9.730,98	1112%	-11.029,81	1242%	-12.328,63	1373%
6	473%	-4.263,17	548%	-5.702,60	492%	-5.664,78	554%	-6.871,50	658%	-8.170,32	762%	-9.469,15	866%	-10.767,97	970%	-12.066,80	1074%
7	371%	-4.059,11	432%	-5.466,07	386%	-5.401,95	436%	-6.587,20	521%	-7.886,02	606%	-9.184,85	692%	-10.483,67	777%	-11.782,50	862%
8	294%	-3.838,42	345%	-5.209,94	306%	-5.116,97	348%	-6.278,55	419%	-7.577,37	491%	-8.876,20	562%	-10.175,02	633%	-11.473,85	704%
9	236%	-3.599,75	279%	-4.932,60	245%	-4.808,01	280%	-5.943,51	341%	-7.242,34	401%	-8.541,16	462%	-9.839,98	523%	-11.138,81	584%
10	189%	-3.341,66	226%	-4.632,32	195%	-4.473,08	229%	-5.579,88	299%	-6.878,70	331%	-8.177,53	383%	-9.476,35	435%	-10.775,18	506%
11	151%	-3.062,58	183%	-4.307,21	158%	-4.110,05	183%	-5.185,27	229%	-6.484,09	274%	-7.782,92	319%	-9.081,74	364%	-10.380,56	435%
12	120%	-2.760,81	148%	-3.955,28	126%	-3.716,59	148%	-4.757,10	187%	-6.055,93	224%	-7.354,75	266%	-8.653,57	306%	-9.952,40	377%
13	94%	-2.434,54	118%	-3.574,32	99%	-3.290,22	118%	-4.292,60	153%	-5.591,42	188%	-6.890,25	222%	-8.189,07	257%	-9.487,90	308%
14	72%	-2.081,80	94%	-3.161,99	76%	-2.828,23	93%	-3.787,75	124%	-5.087,57	154%	-6.386,39	185%	-7.685,22	216%	-8.984,04	267%
15	54%	-1.700,46	72%	-2.715,75	56%	-2.327,71	72%	-3.242,30	99%	-4.541,12	126%	-5.839,95	153%	-7.138,77	181%	-8.437,59	208%
16	37%	-1.288,23	54%	-2.232,84	40%	-1.785,51	53%	-2.649,74	77%	-3.948,56	102%	-5.247,39	126%	-6.546,21	151%	-7.845,03	176%
17	23%	-842,66	38%	-1.710,32	23%	-1.198,22	37%	-2.007,27	59%	-3.306,10	81%	-4.604,92	103%	-5.903,74	124%	-7.202,57	145%
18	11%	-361,06	24%	-1.144,38	13%	-562,19	23%	-1.310,80	43%	-2.609,63	62%	-3.908,45	82%	-5.207,28	102%	-6.506,10	122%
19	0%	159,42	12%	-533,38	2%	126,55	11%	-355,91	29%	-1.854,73	46%	-3.153,56	64%	-4.452,38	82%	-5.751,21	100%
20	-9%	721,90	1%	128,21	0%	872,28	0%	262,19	16%	-1.036,63	32%	-2.335,46	48%	-3.634,28	64%	-4.933,11	80%
21	-18%	1.329,69	0%	843,79	-17%	1.079,61	-9%	-114,66	3%	-1.057,17	19%	-2.448,99	34%	-3.747,82	49%	-5.046,64	64%
22	-25%	1.986,41	-17%	1.617,69	-25%	2.553,51	-18%	2.109,06	-5%	-810,24	-2%	-889,59	21%	-1.787,41	31%	-3.086,24	46%
23	-32%	2.695,94	-24%	2.454,58	-32%	3.499,36	-25%	3.149,41	-14%	-1.850,59	-8%	551,76	10%	-270,06	20%	-2.025,80	35%
24	-38%	3.462,46	-31%	3.359,50	-38%	4.522,96	-32%	4.276,20	-21%	2.977,37	-11%	1.678,55	1%	377,73	11%	-919,10	26%
25	-43%	4.290,47	-33%	4.337,86	-43%	5.630,56	-38%	5.496,43	-28%	4.197,60	-19%	2.898,78	-9%	1.599,96	1%	301,13	14%



MEMORIA

Ibersolar OPS-210V	3colectores		4colectores		5colectores		6colectores		7colectores		8colectores		9colectores		10colectores	
	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN
1	44.0661664	-5.393.424	51.8148041	-7.276.734	4843%	-7.485.744	5454%	-9.033.944	6396%	-10.593.554	7337%	-12.153.164	8278%	-13.712.774	9219%	-15.272.384
2	20.6411092	-5.256.334	24.3357020	-7.119.144	2269%	-7.311.934	2559%	-8.847.374	3010%	-10.406.984	3460%	-11.966.594	3911%	-13.526.214	4361%	-15.086.824
3	12.8491506	-5.107.954	15.1964775	-6.948.224	1413%	-7.123.074	1597%	-8.644.274	1884%	-10.203.894	2171%	-11.763.504	2459%	-13.323.114	2746%	-14.882.724
4	8.96544703	-4.947.344	10.6421677	-6.762.874	986%	-6.917.904	1117%	-8.423.234	1323%	-9.982.844	1529%	-11.542.454	1736%	-13.102.064	1942%	-14.661.684
5	6.64501497	-4.773.504	7.92177947	-6.561.884	732%	-6.695.024	831%	-8.182.684	988%	-9.742.304	1146%	-11.301.914	1304%	-12.861.524	1462%	-14.421.134
6	5.10631111	-4.585.364	6.1828914	-6.343.964	563%	-6.452.934	641%	-7.920.974	767%	-9.480.594	892%	-11.040.204	1018%	-12.599.814	1143%	-14.159.424
7	4.01932427	-4.381.744	4.8386758	-6.107.684	443%	-6.190.034	507%	-7.636.294	609%	-9.195.904	712%	-10.755.514	815%	-12.315.134	918%	-13.874.744
8	3.20075399	-4.161.384	3.88641805	-5.851.544	354%	-5.904.564	407%	-7.326.674	492%	-8.886.284	578%	-10.445.904	664%	-12.005.514	750%	-13.565.124
9	2.57357442	-3.922.924	3.15232804	-5.573.904	285%	-5.594.624	330%	-6.990.004	402%	-8.549.614	475%	-10.109.224	548%	-11.668.844	621%	-13.228.454
10	2.07654465	-3.664.904	2.57088508	-5.272.974	231%	-5.258.174	269%	-6.623.984	331%	-8.183.604	394%	-9.743.214	456%	-11.302.824	519%	-12.862.434
11	1.67411887	-3.385.714	2.10038741	-4.945.844	187%	-4.893.004	219%	-6.226.144	274%	-7.785.754	328%	-9.345.374	382%	-10.904.984	436%	-12.464.594
12	1.34259511	-3.083.664	1.71302796	-4.593.434	151%	-4.496.724	179%	-5.793.794	226%	-7.353.404	274%	-8.913.024	321%	-10.472.634	368%	-12.032.244
13	1.06590102	-2.756.894	1.38935067	-4.210.524	121%	-4.066.734	145%	-5.324.034	187%	-6.883.644	228%	-8.443.264	270%	-10.002.874	311%	-11.562.484
14	0.8312869	-2.403.404	1.11619687	-3.795.684	95%	-3.600.254	117%	-4.813.734	153%	-6.373.344	190%	-7.932.954	227%	-9.492.564	264%	-11.052.174
15	0.63117207	-2.021.044	0.88287321	-3.346.314	74%	-3.094.264	92%	-4.239.484	125%	-5.819.094	159%	-7.378.704	190%	-8.938.324	227%	-10.497.934
16	0.45876075	-1.607.494	0.68200552	-2.859.584	55%	-2.545.494	72%	-3.657.634	101%	-5.217.244	130%	-6.776.854	159%	-8.336.464	188%	-9.896.074
17	0.30911451	-1.160.244	0.50780293	-2.332.464	39%	-1.950.424	53%	-3.004.204	79%	-4.563.814	105%	-6.123.434	132%	-7.683.044	158%	-9.242.654
18	0.17839039	-676.584	0.3557359	-1.161.664	25%	-1.305.244	38%	-2.294.934	61%	-3.854.544	84%	-5.414.154	108%	-6.973.764	131%	-8.533.374
19	0.06355285	-153.604	0.2222822	-1.143.644	12%	-605.854	24%	-1.525.174	45%	-3.084.784	66%	-4.644.394	87%	-6.204.004	108%	-7.763.624
20	-0.0378279	411.844	0.10458495	-474.574	1%	152.204	12%	-689.924	31%	-2.249.544	50%	-3.809.154	69%	-5.368.764	88%	-6.928.374
21	-0.1277193	1.023.154	0.00030695	249.684	-8%	973.714	1%	216.204	18%	-1.343.414	35%	-2.903.024	52%	-4.462.634	69%	-6.022.254
22	-0.2077344	1.683.984	0.09424708	1.033.564	-17%	1.863.844	-9%	1.199.054	7%	-360.564	22%	-1.920.174	38%	-3.479.784	53%	-5.039.404
23	-0.2720295	2.398.274	0.17517844	1.881.884	-25%	2.828.184	-17%	2.264.934	-3%	705.314	11%	-854.304	25%	-2.413.914	39%	-3.973.524
24	-0.34323582	3.170.294	0.24924906	2.799.834	-31%	3.872.764	-25%	3.240.634	-12%	1.861.024	1%	301.404	14%	-1.258.214	26%	-2.817.824
25	-0.40076959	4.004.624	0.3157328	3.792.994	-38%	5.004.104	-31%	4.673.514	-20%	3.113.904	-8%	1.554.284	3%	-5.334	15%	-1.564.944

Vitosol 100 s2.5	3colectores		4colectores		5colectores		6colectores		7colectores		8colectores		9colectores		10colectores	
	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN
1	73.26146	-7.257.204	120.544975	-11.006.814	15529%	-12.090.594	25435%	-15.177.494	30576%	-18.245.584	35717%	-21.313.674	40588%	-24.381.764	35717%	-27.450.854
2	34.5216557	-7.246.454	56.773519	-10.902.574	11739%	-12.002.164	11739%	-15.106.114	14122%	-18.174.204	16506%	-21.242.294	18889%	-24.310.384	16506%	-27.381.474
3	21.6425645	-7.023.604	35.5958629	-10.787.604	4521%	-11.898.804	7221%	-15.023.964	8694%	-18.092.054	10168%	-21.160.144	11642%	-24.228.234	10168%	-27.299.324
4	15.2284731	-6.890.774	25.065505	-10.660.894	3163%	-11.785.414	4994%	-14.929.894	6020%	-17.997.984	7045%	-21.066.074	8071%	-24.134.164	7045%	-27.206.154
5	11.4002407	-6.746.014	18.793807	-10.521.344	2356%	-11.658.784	3682%	-14.822.604	4444%	-17.890.694	5205%	-20.958.784	5967%	-24.026.874	5205%	-27.098.784
6	8.8667306	-6.588.284	14.6478751	-10.367.764	1826%	-11.517.604	2826%	-14.700.694	3415%	-17.768.784	4004%	-20.836.874	4593%	-23.904.964	4004%	-26.968.874
7	7.0567327	-6.441.614	11.7156929	-10.198.854	1452%	-11.360.444	2229%	-14.562.674	2698%	-17.607.764	3167%	-20.698.814	3636%	-23.766.904	3167%	-26.838.814
8	5.72205258	-6.229.344	9.54946745	-10.013.214	1177%	-11.185.744	1793%	-14.406.734	2174%	-17.474.824	2555%	-20.542.914	2936%	-23.611.004	2555%	-26.683.014
9	4.7039602	-6.025.584	7.88447757	-9.809.314	967%	-10.991.804	1463%	-14.231.164	1778%	-17.299.254	2093%	-20.367.344	2407%	-23.433.434	2093%	-26.507.344
10	3.89075895	-5.803.804	6.57255044	-9.585.484	803%	-10.776.764	1207%	-14.033.944	1471%	-17.102.034	1734%	-20.170.124	1997%	-23.238.204	1734%	-26.310.124
11	3.23406313	-5.562.434	5.5168386	-9.339.934	671%	-10.538.624	1005%	-13.812.864	1271%	-16.880.954	1450%	-19.949.044	1672%	-23.017.134	1450%	-26.081.044
12	2.6442726	-5.299.814	4.65277038	-9.070.704	564%	-10.275.194	841%	-13.565.574	1031%	-16.633.664	1221%	-19.701.754	1410%	-22.769.844	1221%	-25.837.934
13	2.2922955	-5.014.144	3.9563836	-8.775.674	475%	-9.984.094	708%	-13.289.464	871%	-16.357.554	1034%	-19.425.644	1196%	-22.493.734	1034%	-25.565.824
14	1.86483568	-4.703.474	3.33350698	-8.452.534	402%	-9.662.734	598%	-12.981.724	738%	-16.049.814	879%	-19.117.904	1020%	-22.185.994	879%	-25.260.084
15	1.54161767	-4.365.684	2.8255697	-8.098.804	340%	-9.308.304	506%	-12.639.274	628%	-15.707.364	750%	-18.775.454	872%	-21.843.544	750%	-24.911.544
16	1.26396148	-3.998.494	2.38642547	-7.711.774	287%	-8.917.744	429%	-12.258.774	535%	-15.326.864	642%	-18.394.954	748%	-21.463.044	642%	-24.534.954
17	1.02369899	-3.599.434	2.01048481	-7.288.504	242%	-8.487.744	363%	-11.836.584	456%	-14.904.674	550%	-17.972.764	643%	-21.040.854	550%	-24.110.854
18	0.8144732	-3.165.844	1.68469494	-6.825.824	203%	-8.014.694	307%	-11.368.744	389%	-14.436.834	471%	-17.504.924	553%	-20.573.014	471%	-23.643.014
19	0.63126479	-2.694.834	1.40081814	-6.320.284	169%	-7.494.684	259%	-10.850.944	331%	-13.919.034	404%	-16.987.124	476%	-20.055.214	404%	-23.127.124
20	0.47050569	-2.183.284	1.15226917	-5.768.174	140%	-6.923.474	218%	-10.278.524	282%	-13.346.614	346%	-16.414.704	409%	-19.482.794	346%	-22.554.794
21	0.32759170	-1.621.824	0.93372253	-5.165.434	114%	-6.296.464	182%	-9.646.384	238%	-12.714.464	295%	-15.782.554	352%	-18.850.644	295%	-21.918.644
22	0.20122384	-1.024.814	0.74082663	-4.507.704	92%	-5.608.654	150%	-8.948.994	201%	-12.017.084	251%	-15.085.174	302%	-18.153.264	251%	-21.225.264
23	0.08973878	-370.314	0.56999258	-3.790.244	72%	-4.854.634	123%	-8.180.374	168%	-11.248.464	213%	-14.316.554	258%	-17.384.644	213%	-20.456.644
24	-0.0116887	339.934	0.41823558	-3.007.934	55%	-4.028.524	99%	-7.334.004	139%	-10.402.094	180%	-13.470.184	220%	-16.538.274	180%	-20.608.274
25	-0.10160021	1.110.494	0.28305443	-2.155.234	39%	-3.123.974	78%	-6.402.804	114%	-9.470.894	150%	-12.538.984	186%	-15.607.074	150%	-20.678.984

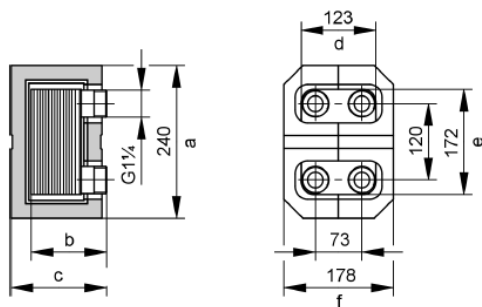
Ibersolar CPC-12	3colectores		4colectores		5colectores		6colectores		7colectores		8colectores		9colectores		10colectores	
	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN
1	102.322588	-7.008.214	284.677128	-10.501.864	310679%	-11.476.974	512044%	-14.350.744	681044%	-17.188.724	810444%	-20.026.714	910444%	-22.864.694	910444%	-25.702.674
2	48.2311742	-6.930.384	131.898086	-10.458.004	99204%	-11.468.844	164379%	-14.379.894	210444%	-17.217.874	260444%	-20.055.864	310444%	-22.893.844	310444%	-25.733.824
3	30.2600073	-6.844.91	81.4346266	-10.407.814	47385%	-11.455.794	781044%	-14.405.664	101044%	-17.243.654	121044%	-20.083.634	241044%	-22.943.614	241044%	-25.757.604
4	21.1382722	-6.751.106	56.5351149	-10.390.654	27119%	-11.437.184	451044%	-14.427.464	561044%	-17.265.454	671044%	-20.103.404	781044%	-22.964.394	781044%	-25.779.374
5	15.9877499	-6.648.19	41.8392204	-10.285.624	17226%	-11.412.284	331044%	-14.444.524	441044%	-17.282.504	551044%	-20.120.484	661044%	-22.958.464	661044%	-25.796.454
6	12.4623221	-6.535.364	32.2309245	-10.210.664	11711%	-11.380.284	211044%	-14.456.134	321044%	-17.294.124	431044%	-20.132.104	541044%	-22.970.084	541044%	-25.808.466
7	9.9678999	-6.429.034	25.5166142	-10.129.034	831044%	-11.361.424	131044%	-14.449.484	241044%	-17.307.464	351044%	-20.140.374	461044%	-22.975.364	461044%	-25.813.474
8	8.1174413	-6.376.276	20.6029555	-10.035.554	6169%	-11.291.434	101044%	-14.459.484	201044%	-17.297.464	301044%	-20.135.454	410444%	-22.973.134	410444%	-25.811.414
9	6.6958986	-6.127.974	16.881433	-9.930.564	4682%	-11.232.584	710444%	-14.449.234	141044%	-17.287.214	251044%	-20.125.194	361044%	-22.963.184	361044%	-25.801.164
10	5.5741141	-5.965.684	13.9879168	-9.812.904	3630%	-11.162.544	510444%	-14.429.524	101044%	-17.267.514	201044%	-20.105.494	310444%	-22.947.474	310444%	-25.781.464
11	4.67006801	-5.788.164	11.6910898	-9.681.304	2862%	-11.080.094	310444%	-14.399.104	61044%	-17.237.094	111044%	-20.075.074	221044%	-22.913.054	221044%	-25.751.044
12	3.9285457	-5.594.094	9.8374146	-9.534.404	2289%	-11.038.844	161044%	-14.356.574	31044%	-17.194.554	51044%	-20.032.534	111044%	-22.870.524	111044%	-25.708.504
13	3.3135097	-5.381.934	8.3198681	-9.378.634	1851%	-10.872.244	80394%	-14.300.384	9648%	-17.138.364	112301%	-19.976.354	128255%	-22.814.334	144209%	-25.652.314
14	2.79466342	-5.150.184	7.06369794	-9.100.534	1510%	-10.743.634	16364%	-14.228.854	9628%	-17.066.844	22891%	-19.904.824	26154%	-22.740.824	29417%	-25.580.794
15	2.35452296	-4.897.094	6.01344671	-8.866.154	1242%	-10.596.194	1184%	-14.140.134	9830%	-16.978.114	11472%	-19.816.094	13115%	-22.654.084	14751%	-25.492.064
16	1.9752108	-4.602.824	5.12792944	-8.961.614	1027%	-10.427.944	5066%	-14.032.164	6089%	-16.870.154	7113%	-19.708.134	8137%	-22.546.114	9167%	-25.384.104
17	1.6522917	-4.319.354	4.37582909	-8.512.804	854%	-10.236.634	3459%	-13.902.734	4164%	-16.740.714	4869%	-19.578.694	5574%	-22.416.684	6286%	-25.254.664
18	1.36987097	-3.990.514	3.72949317	-8.237.444	713%	-10.019.954	2500%	-13.749.374	3015%	-16.587.354	3631%	-19.425.344	4066%	-22.263.324	4561%	-25.101.304
19	1.1235765	-3.631.954	3.18030508	-7.933.044	599%	-9.775.294	1876%	-13.569.414	2267%	-16.407.394	2659%	-19.245.374	3050%	-22.083.364	3442%	-24.921.344
20	0.90712165	-3.421.014	2.70284045	-7.596.894	498%	-9.499.804	1444%	-13.353.904	1750%	-16.197.894	2056%	-19.035.874	2362%	-21.873.854	2693%	-24.711.844
21	0.71663304	-3.155.224	2.2884883	-7.226.054	413%	-9.211.644	1133%	-13.117.644	1377%	-16.055.634	1621%	-18.793.614	1866%	-21.469.574	2110%	-24.469.574
22	0.54819026	-2.851.314	1.92744434	-6.817.334	350%	-8.843.724	901%	-12.830.114	1099%	-15.677.094	1297%	-18.515.084	1469%	-21.353.064	1694%	-24.191.044
23	0.39873504	-1.846.154	1.31659973	-6.367.284	295%	-8.456.104	723%	-12.530.474	888%	-15.358.454	1050%	-18.196.444	1213%	-21.044.424	1376%	-23.872.404
24	0.26527405	-1.296.244	1.3345559	-5.872.124	243%	-8.023.554	585%	-12.157.534	721%	-14.995.514	857%	-17.833.504	992%	-20.671.484	1128%	-23.509.664
25	0.14702338	-697.804	1.0903831	-5.327.774	210%	-7.541.724	475%	-11.745.714	588%	-14.583.704	703%	-17.421.684	818%	-20.259.664	923%	-23.097.644

ANEXO IX: COMPONENTES DE LA INSTALACION

Datos técnicos n° de pedido de 3003 485 a 3003 487

Datos técnicos

Vitotrans 100	N° de pedido	3003 485	3003 486	3003 487
Medidas sin aislamiento térmico ni uniones roscadas				
Longitud b	mm	100	124	172
Anchura d	mm	123	123	123
Altura e	mm	172	172	172
Dimensiones con aislamiento térmico				
Longitud total c	mm	152	152	222
Anchura total f	mm	178	178	178
Altura total a	mm	240	240	240
Peso	kg	2,4	3,0	4,2
Intercambiador de calor con aislamiento térmico				
Capacidad	litros	0,27/0,30	0,42/0,45	0,72/0,75
primaria/secundaria				
Presión máx. de servicio admisible	bar	30	30	30
primaria/secundaria				
Temp. de servicio admisible	°C	130	130	130
primaria/secundaria				
Conexiones	G	1¼	1¼	1¼
primaria/secundaria				



Potencias térmicas con distintos saltos térmicos primarios y secundarios

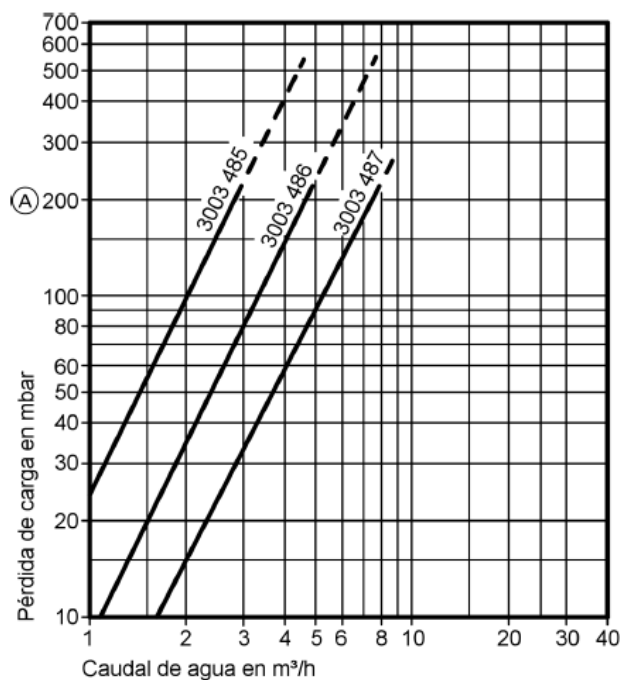
Vitotrans 100	N° de pedido	3003 485	3003 486	3003 487
Prim. 70/50 °C	kW	11	16	36
Sec. 40/50 °C				
Prim. 70/50 °C	kW	19*1	25*1	34*1
Sec. 40/45 °C				
Prim. 65/45 °C	kW	9	14	31
Sec. 35/45 °C				
Prim. 60/45 °C	kW	7	11	26
Sec. 35/45 °C				

Pérdida de carga máxima recomendada

Primaria 200 mbar
Secundaria 200 mbar

Pérdida de carga

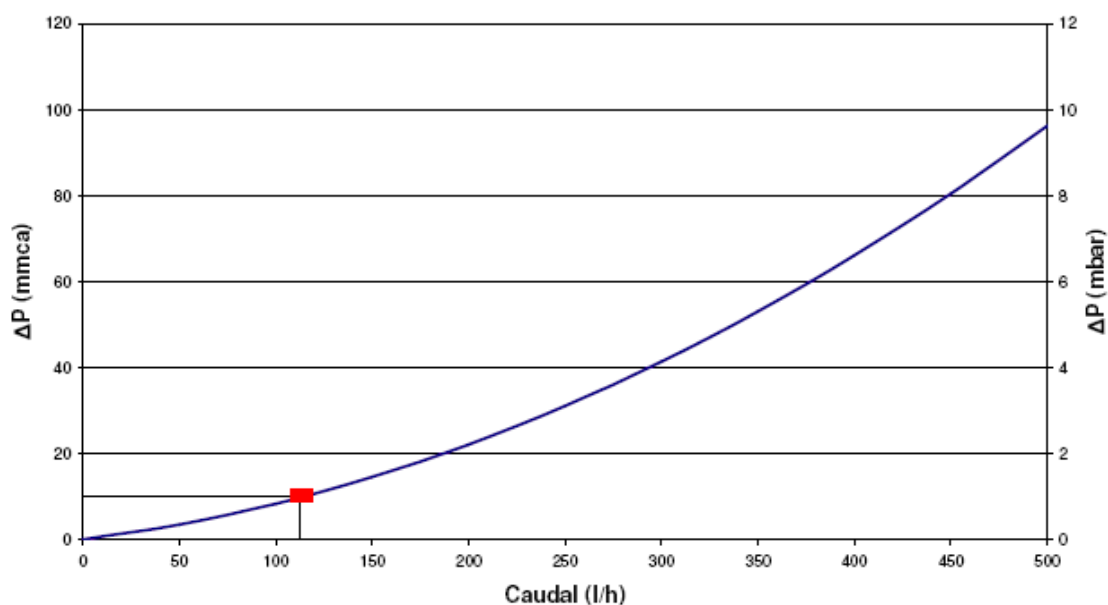
Primaria y secundaria




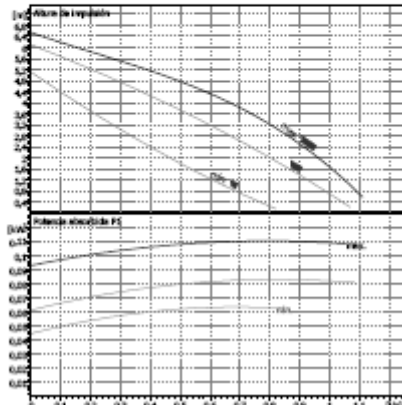
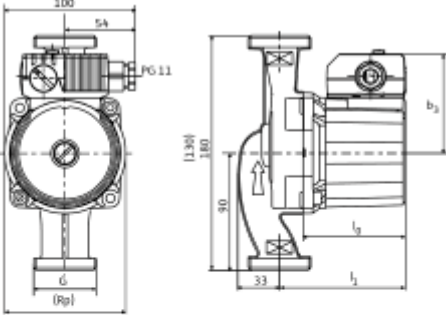
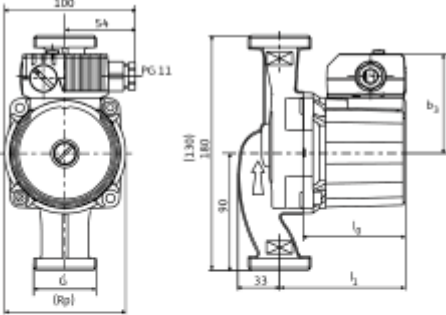
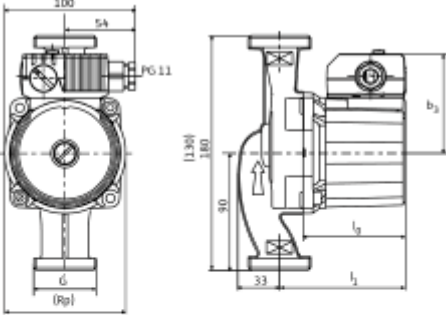
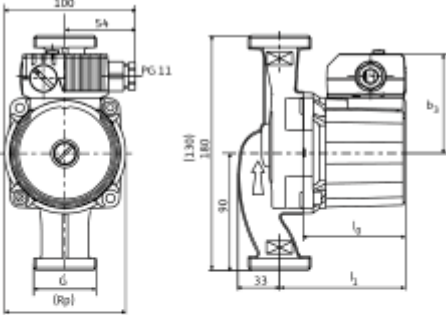
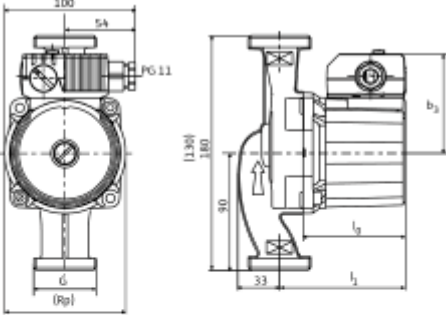
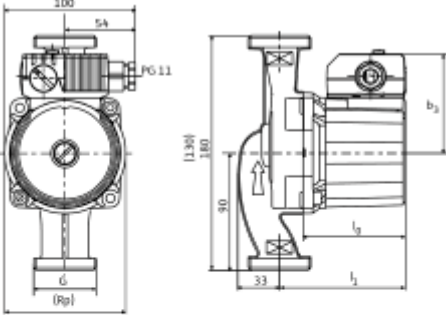
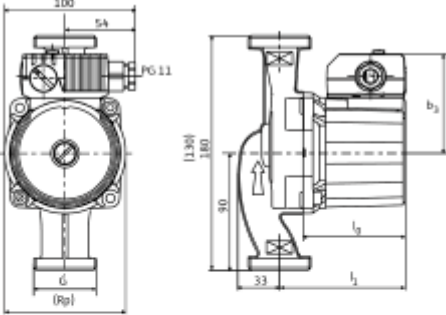
Pérdida de carga por el Intercambiador de calor del circuito primario

$$\Delta P = 0,0056 * Q(l/h) + 2,727 * 10^{-5} * Q^2(l/h)$$

PÉRDIDA DE CARGA



Pérdida de carga por los Captadores Isotherm

WILO SE Nordkirchenstr. 100 D 44263 Dortmund Teléfono 0231/4102-0 Telefax 0231/4102-7363		Star-ST 15/7 Instalación: Solar thermic pump			
Cliente Nº Cliente Contacto Elaborado por		Proyecto Nº proyecto Nº pos. Location		Página 1 / 1 Fecha 12.09.2009	
		Datos de trabajo teóricos Caudal 0 l/s Altura de impulsión 0 m Fluido Temperatura fluido 0 K Densidad 998,3 kg/m³ Viscosidad cinemática 1,005 mm²/s Presión de vapor 0 kPa			
		Datos bomba Marca WILO Tipo Star-ST 15/7 Tipo inst. Bomba simple Presión nominal máx. PN10 Temp. mín. fluido 263 K Temp. máx. fluido 383 K			
		Datos hidráulicos (punto de trabajo) Caudal l/s Altura de impulsión m Velocidad 2700 1/min NPSH 0 m Diámetro rodete 0 mm			
		Materiales Carcasa EN-GJL-200 - capa de catáforos Rodete Polipropileno Eje Acero inox. (X 40 Cr 13) Cojinete Grafito			
		Medidas b1 76 mm l0 130 mm L1 109 mm L2 91 mm			
		Lado aspiración Rp 1/2" G 1 PN10 Lado impulsión Rp 1/2" G 1 PN10 Peso 3,2 kg			
		Datos del motor Pot. nominal P2 0,06 kW Velocidad nominal 2700 1/min Tensión nominal 1~230 V, 50 Hz Intensidad máx. absorbida 4,48 A Tipo de protección IP 44 Tolerancia tensión			
		Referencia de la versión estándar 4056952			



MEMORIA

Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad Mecánica
Mario Pérez Basa

Capacidad del interacumulador		I	160	200
Número de registro DIN				
Producción continua con una producción de A.C.S. de 10 a 45 °C y una temperatura de impulsión del agua de calefación de ... para los caudales de agua de calefacción que se indi- can debajo	90 °C	kW	40	40
		l/h	982	982
	80 °C	kW	32	32
		l/h	786	786
	70 °C	kW	25	25
		l/h	614	614
	60 °C	kW	17	17
		l/h	417	417
	50 °C	kW	9	9
		l/h	221	221
Producción continua con una producción de A.C.S. de 10 a 60 °C y una temperatura de impulsión del agua de calefación de ... para los caudales de agua de calefacción que se indi- can debajo	90 °C	kW	36	36
		l/h	619	619
	80 °C	kW	28	28
		l/h	482	482
	70 °C	kW	19	19
		l/h	327	327
Caudal de agua de calefacción para las producciones continuas indicadas		m³/h	3,0	3,0
Consumo por disposición q _{as} con una diferencia de temperatura de 45 °C (valores medidos según DIN 4753-8. 500 l: índice normalizado según DIN V 18599)		kWh/24 h	1,50	1,70
Aislamiento térmico			Poliuretano inyectado	
Dimensiones				
Longitud (Ø)				
- Con aislamiento térmico	a	mm	581	581
- Sin aislamiento térmico		mm	—	—
Anchura				
- Con aislamiento térmico	b	mm	608	608
- Sin aislamiento térmico		mm	—	—
Altura				
- Con aislamiento térmico	c	mm	1189	1409
- Sin aislamiento térmico		mm	—	—
Medida de inclinación				
- Con aislamiento térmico		mm	1260	1460
- Sin aislamiento térmico		mm	—	—
Altura de montaje				
		mm	—	—
Peso total con aislamiento térmico		kg	86	97
Volumen de agua de calefacción		l	5,5	5,5
Superficie de transmisión		m²	1,0	1,0
Conexiones				
Impulsión y retomo del agua de calefacción	R		1	1
Agua fría, agua caliente	R		¾	¾
Recirculación	R		¾	¾

SUPRA CTL 35 S

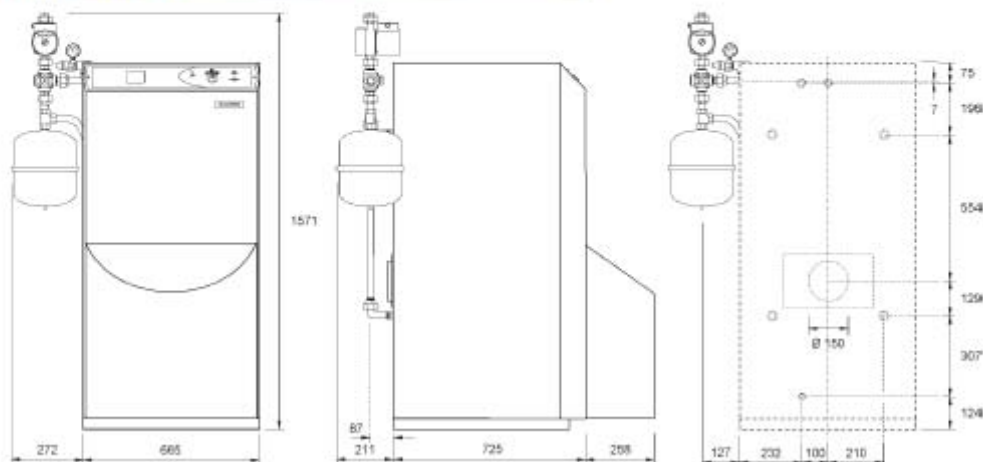
- ▼ CALEFACCIÓN Y A.C.S. ACUMULADA
(ACUMULADOR INTEGRADO DE 100 LITROS)
- ▼ ATMOSFÉRICA. TIRO NATURAL
- ▼ POTENCIA DE 18.920 kcal/h A 30.100 kcal/h
- ▼ SEGURIDAD POR FOTOCÉLULA. SIN PILOTO



Características Principales

- Caldera de pie a gasóleo para los servicios de calefacción y a.c.s. acumulada.
- Cuerpo de caldera de chapa de acero especial anticorrosión.
- Encendido electrónico y seguridad del quemador por fotocélula (sin piloto).
- Quemador de gasóleo de alto rendimiento con precalentador escalonable en potencia de 18.920 kcal/h a 30.100 kcal/h.
- Selector de temperatura de calefacción y a.c.s. acumulada.
- Depósito acumulador de a.c.s. de 100 litros de capacidad útil.
- Bomba circuladora de 3 velocidades.
- Válvula termostática regulable para a.c.s.
- Termómetro y manómetro.
- Vaso de expansión de 18 litros.
- Dimensiones 1.571 x 937 x 1.194 mm.
- Garantía 2 años.

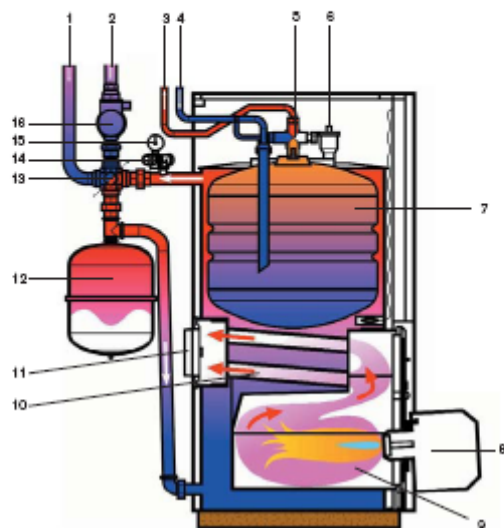
Dimensiones



Datos Técnicos

POTENCIA Y CARGA TÉRMICA	Unidades	CTL 35 S
Calefacción		
Potencia calorífica máxima	kW	35,0
Carga calorífica nominal máxima	kW	39,0
Potencia calorífica mínima	kW	22,0
Carga calorífica nominal mínima	kW	25,0
CONSUMO		
Consumo máximo para máxima potencia	kg/h	3,34
Consumo máximo para mínima potencia	kg/h	2,1
CARACTERÍSTICAS DE SERVICIO EN CALEFACCIÓN		
Caudal de primario ($\Delta t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$)	l/h	860
Altura manométrica correspondiente al caudal de primario	bar	0,41
Temperaturas en la tubería de ida	$^{\circ}\text{C}$	60 - 80
Sobrepresión máxima admisible	bar	3,0
Vaso de expansión		
Capacidad total	litros	18
Presión previa	bar	1
CARACTERÍSTICAS DE SERVICIO EN A.C.S.		
Capacidad del tanque de acumulación	l	100
Cantidad de agua disponible a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$	l/h	1.103
Servicio continuo de a.c.s. $\Delta t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (agotado depósito)	l/min	16,7
Presión de agua para caudal nominal	mbar	7,6
CONEXIÓN ELÉCTRICA		
Tensión de alimentación	V (c.a.) (50 Hz)	230
Potencia máxima absorbida	W	160
VALORES DE LOS GASES QUEMADOS		
Temperatura de los gases quemados	$^{\circ}\text{C}$	190
Diámetro de salida	mm	150
DIMENSIONES		
Altura / Anchura / Fondo	mm	1.571 / 937 / 1.194
Peso	kg	225
CERTIFICADO CE	N.	0049AS0035-R

Esquema Hidráulico



- 1 Retorno calefacción
- 2 Ida calefacción
- 3 Salida a.c.s. acumulada
- 4 Entrada de agua fría
- 5 Válvula mezcladora termostática
- 6 Purgador automático
- 7 Depósito acumulador de a.c.s.
- 8 Quemador
- 9 Cámara de combustión
- 10 Turbuladores
- 11 Conexión salida de humos
- 12 Vaso de expansión
- 13 Válvula de cuatro vías
- 14 Válvula de seguridad
- 15 Manómetro
- 16 Bomba circuladora